

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-221751

(43)Date of publication of application : 09.08.2002

(51)Int.Cl.

G03B 17/17  
G02B 5/10  
G02B 26/08  
G03B 15/00  
G03B 17/02  
H04N 5/225

(21)Application number : 2001-016133

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 24.01.2001

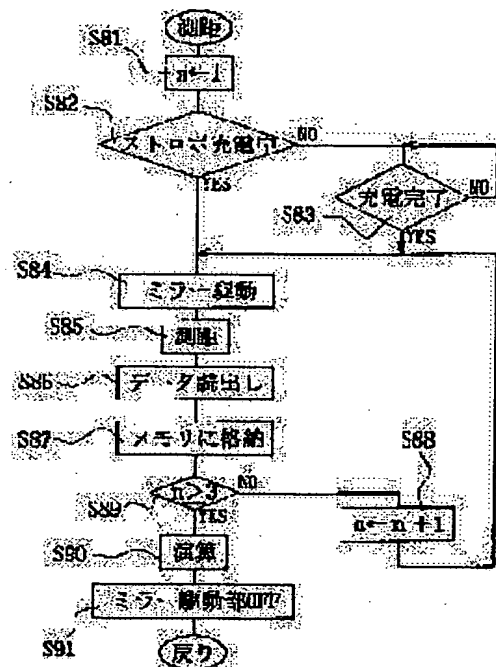
(72)Inventor : MUSASHI TAKESHI  
NAKANE TAKESHI

## (54) CAMERA USING VARIABLE SHAPE MIRROR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a camera using a variable shape mirror which can reduce a burden of a power supply system and stabilize an operation of the variable shape mirror.

**SOLUTION:** The camera comprises: an imaging means for obtaining an image signal from an image picked up through an imaging lens; an exposure controlling means for implementing controls including a driving control of the imaging means by an exposing operation based on imaging conditions; the variable shape mirror having a reflecting surface deformed by electric power and an electrode for controlling a shape of the reflecting surface; a power supplying means for supplying power for driving the variable shape mirror; a driving means for driving the variable shape mirror; and a means for driving the imaging lens. When the imaging lens is driven or controlled to expose by the exposure controlling means, the variable shape mirror is not driven by the driving means.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-221751

(P2002-221751A)

(43) 公開日 平成14年8月9日 (2002.8.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
G 0 3 B 17/17		G 0 3 B 17/17	2 H 0 4 1
G 0 2 B 5/10		G 0 2 B 5/10	B 2 H 0 4 2
26/08		26/08	E 2 H 1 0 0
G 0 3 B 15/00		G 0 3 B 15/00	F 2 H 1 0 1
17/02		17/02	5 C 0 2 2

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-16133(P2001-16133)

(22) 出願日 平成13年1月24日 (2001.1.24)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 八道 剛

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

(72) 発明者 中根 毅

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ  
ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100065824

弁理士 篠原 泰司 (外1名)

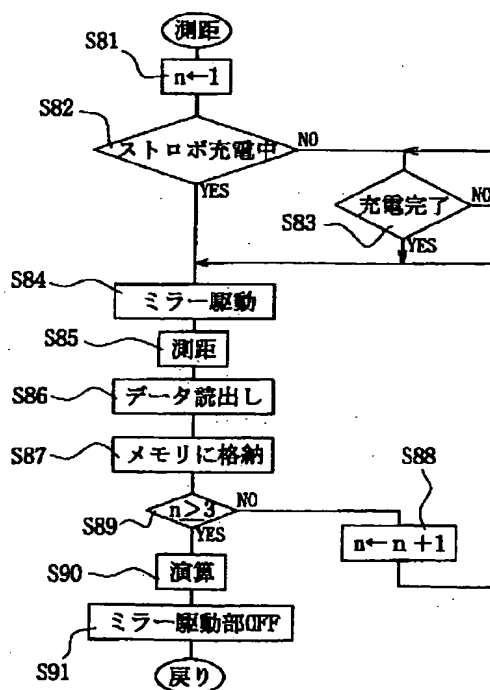
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変形状鏡を用いたカメラ

(57) 【要約】

【課題】 電源系への負担を軽減して可変形状鏡の動作を安定化させることが可能な可変形状鏡を用いたカメラを提供する。

【解決手段】 撮影レンズを通して結像された画像から画像信号を得る撮像手段と、撮影条件に基づいた露光動作により前記撮像手段の駆動制御を含む制御を行う露光制御手段と、電気的な力により変形する反射面と、該反射面の形状を制御する電極とを有してなる可変形状鏡と、前記可変形状鏡を駆動するための電源を供給する電源供給手段と、前記可変形状鏡を駆動する駆動手段と、前記撮影レンズを駆動する手段と、を有し、前記撮影レンズが駆動されているか、または前記露光制御手段による露光制御が行われているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないように構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 撮影レンズを通して結像された画像から画像信号を得る撮像手段と、  
撮影条件に基づいた露光動作により前記撮像手段の駆動制御を含む制御を行う露光制御手段と、  
電気的な力により変形する反射面と、該反射面の形状を制御する電極とを有してなる可変形状鏡と、  
前記可変形状鏡を駆動するための電源を供給する電源供給手段と、

前記可変形状鏡を駆動する駆動手段と、  
前記撮影レンズを駆動する手段と、を有し、  
前記撮影レンズが駆動されているか、または前記露光制御手段による露光制御が行われているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないようにしたことを特徴とする可変形状鏡を用いたカメラ。

【請求項 2】 被写体を照明するストロボの充放電を制御するストロボ制御手段を更に有し、  
前記ストロボが充放電制御されているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないようにしたことを特徴とする請求項 1 に記載の可変形状鏡を用いたカメラ。

【請求項 3】 前記撮像手段で得られた画像信号に係るデータを記録する記録手段を更に有し、  
前記記録手段でデータ記録をしているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないようにしたことを特徴とする請求項 1 に記載の可変形状鏡を用いたカメラ。

【請求項 4】 撮影モードを含む複数のモードを設定するモード設定手段を更に有し、  
前記モード設定手段で撮影モード以外のモードが設定されているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないようにしたことを特徴とする請求項 1 に記載の可変形状鏡を用いたカメラ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、可変形状鏡を用いたカメラに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体プロセスを用いて、例えば静電気等の電気的な力で鏡の反射面を変形させて所望の光学特性を得ることのできる、小型の機器に適用可能な可変形状鏡が提案されている。この可変形状鏡を用いれば、省スペース化による小型化や簡単な構成で高速応答できる可変形状鏡の特徴を生かした機器が提供できる可能性がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、可変形状鏡の駆動制御には高電圧を要するため、電池で駆動するカメラ等の機器を構成する、例えば、AF（オートフォーカス）構成部材などの光学部材に可変形状鏡を用いた場

合、電力消費が無視できない程大きくなる。このため、例えば、レンズ駆動や露光制御等での電力の消費が大きな動作を行なっているときに、同時に可変形状鏡の駆動が行われると、全体の電源負荷が大きくなりすぎ、最悪の場合には、可変形状鏡の動作保証ができなくなるという問題点があった。

【0004】そこで、本発明は、上記問題点に鑑み、電源系への負担を軽減して可変形状鏡の動作を安定化させることが可能な可変形状鏡を用いたカメラを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明による可変形状鏡を用いたカメラは、撮影レンズを通して結像された画像から画像信号を得る撮像手段と、撮影条件に基づいた露光動作により前記撮像手段の駆動制御を含む制御を行う露光制御手段と、電気的な力により変形する反射面と、該反射面の形状を制御する電極とを有してなる可変形状鏡と、前記可変形状鏡を駆動するための電源を供給する電源供給手段と、前記可変形状鏡を駆動する駆動手段と、撮影レンズを駆動する手段と、を有し、前記撮影レンズが駆動されているか、または前記露光制御手段による露光制御が行われているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないようにしたことを特徴とする。

【0006】また、本発明による可変形状鏡を用いたカメラは、好ましくは、被写体を照明するストロボの充放電を制御するストロボ制御手段を更に有し、前記ストロボが充放電制御されているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないようにしたことを特徴とする。

【0007】また、本発明による可変形状鏡を用いたカメラは、好ましくは、前記撮像手段で得られた画像信号に係るデータを記録する記録手段を更に有し、前記記録手段でデータ記録をしているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないようにしたことを特徴とする。

【0008】また、本発明による可変形状鏡を用いたカメラは、好ましくは、撮影モードを含む複数のモードを設定するモード設定手段を更に有し、前記モード設定手段で撮影モード以外のモードが設定されているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないようにしたことを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図 1 は本発明の一実施形態にかかる可変形状鏡を用いたカメラのシステム概略構成図である。本発明の可変形状鏡を備えたカメラは、未図示の絞り及びメカシャッターを有する撮影レンズ系 1 と、該撮影レンズ 1 の焦点位置を調整するためのモータとモータドライバとを備えたレンズ駆動部 2 と、CCD イメージ

10

20

30

40

50

センサ等の撮像素子3と、撮像素子3を駆動して画像信号を得る撮像回路4と、アナログ画像信号をデジタル画像信号に変換するA/D変換器6と、画像信号を一時的に蓄えておくためのバッファメモリ7と、ストロボ発光回路8と、画像処理を行なうためのDSP（デジタル・シグナル・プロセッサ）20と、RISC-マイクロプロセッサ19と、データ圧縮伸長回路15と、カードスロットに装着された着脱式メモリカードとアクセスするためのI/F（インターフェース）16と、デジタル画像信号を画像表示したりビデオ出力端子からビデオ信号を出力するための画像データを記憶するビデオメモリ18と、外部入出力端子を介して外部機器とデータ入出力を行なうためのI/F17などを備えている。

【0010】更に、前記カメラは、撮影時に撮像素子3の露出量を求めるためのAE部5と、ストロボ発光回路8と、動作モード等の撮影情報を表示するためのモードLCD9と、撮影、再生等に係る各種動作を行なうための操作部10と、可変形状鏡ユニット11と、カメラ各部及び可変形状鏡11に対して電源供給を行なうための電源回路12を備えている。そして、前記カメラの撮影、再生等の動作に伴う各部の制御を行なうためのシステムコントローラ13を備えている。操作部10には、撮影の開始及び記録を指示する未図示のリリース釦、モード設定操作部等が設けられている。

【0011】図2は本実施形態のカメラに用いる可変形状鏡11を構成する電極の配置関係及び電圧制御を行なう回路部のブロック図である。可変形状鏡11は、反射面23と上部電極21とを備えた可撓性薄膜と、それに対向して配置された制御電極である下部電極22とその制御回路からなる制御基板を備え、この制御基板と図1に示す電源回路12及びシステムコントローラ13とが接続されている。

【0012】図2において、高圧電源 $V_p$ は100V程度の定電圧源であり、リファレンス電圧 $V_{ref}$ は5V程度の変電圧である。また、駆動電圧 $V_D$ は電圧制御回路部24を駆動させるための電圧源である。これら高圧電源 $V_p$ 、リファレンス電圧 $V_{ref}$ 、駆動電圧 $V_D$ は印加され電圧制御回路部24へ供給される。電圧制御回路部24には、高耐圧の電圧制御トランジスタ25と制御回路26が形成されており、この電圧制御回路部24により低電圧であるリファレンス電圧 $V_{ref}$ に対応した出力電圧になるように高電圧 $V_p$ を電圧制御し制御電極である下部電極22へ印加する。また、クロック入力端子CKがリファレンス電圧 $V_{ref}$ の変化と同期したパルス電圧であるタイミングパルスを発するようになっている。また、電圧制御回路部24には、上述の高耐圧の電圧制御トランジスタ25と制御回路26の他にタイミング発生回路27と高耐圧のスイッチング用トランジスタ28が形成されている。

【0013】このように構成された可変形状鏡（電圧制

御回路部を含む）において、分割した制御電極である下部電極22のうちの任意の電極に印加する電圧に応じたリファレンス電圧 $V_{ref}$ を入力し、電圧制御トランジスタ25と制御回路26により出力電圧を制御する。これと同期してタイミングパルスを入力し、タイミング発生回路27の出力により該当制御電極に対応するスイッチング用トランジスタ28をON状態にする。一定時間を経過してから該当スイッチング用トランジスタ28をOFF状態にし、電圧制御トランジスタ25の出力と制御電極の接続を断ち、制御電極へ印加した電圧を一定に保つ。これにより該当制御電極に電圧制御された電圧が印加される。このリファレンス電圧による電圧制御とタイミングパルスによるスイッチング用トランジスタ28のON-OFFを時系列に行うことで分割した全ての制御電極に任意の電圧を印加することができる。なお、この場合の電圧制御回路の各部のタイミングチャートを図3に示す。図3においては、分割した電極のうちの任意の2つの電極について示してある。

【0014】ここで、可変形状鏡では負荷成分が対向電極によるキャパシタンス成分であり、また対向電極に印加する電圧は直流電圧であるため、分割した制御電極の印加電圧を時系列に制御しても、各々の電極に印加される電圧を一定に保つことは容易にできる。これら電圧制御回路を一体化することで、外部から電源と制御信号を供給するだけで複数に分割した制御電極を有する可変形状鏡を駆動することができ、また、制御電極の分割数を増加してもそれに応じて制御回路を増やす必要は無く、タイミング発生回路の簡単な変更とスイッチング用トランジスタの増設で電圧制御をすることができるため、省スペース化することができ、小型化に適した可変形状鏡を提供することができる。なお、図2においては、上部電極21を1枚で構成し下部電極22を複数枚で構成したが、これとは逆に、上部電極21を複数の電極に分割しこれに図2に示すような回路を接続し、下部電極22を1枚の電極で構成し、下部電極22が反射面21を備えるようにしてもよい。

【0015】図4は本実施形態のカメラに用いる可変形状鏡の電極部を示す説明図であり、(a)～(e)は、図2に示す上部電極21の変形状態を示す側面図、(f)及び(g)は図2に示す下部電極22の配置構成を示す平面図である。可変形状鏡の複数の下部電極22は、図4(f)に示すように、変形状に依りて碁盤目状に分割されて構成してもよく、または、図4(g)に示すように、同心円状に分割されて構成してもよい。また、上部電極21は、図4(a)に示すように、全体が対向電極側に平行に引っ張られるように駆動させてもよく、または、図4(b)、(c)に示すように片側部分が対向電極側に引っ張られるように駆動させてもよく、さらには、図4(d)、(e)に示すように、対向電極に対し、凹状または凸状に変形させてもよい。

【0016】図5は本実施形態のカメラにおいて、可変形状鏡を測距部に用いた例を示す説明図である。測距部は、三角測距の原理により、所定の基線長だけ離れたレンズを透過した光を内蔵したセンサーで検出することにより被写体までの距離に相応する信号を検出することができるように構成されている。より具体的に説明すると、赤外（IR）発光ダイオード31からの赤外光を可変形状鏡11の反射面32で反射させて、投光レンズ33、投光用窓34を経て被写体（図において、矢印a、b、cの延長線上にあるため図示を省略してある）に照射し、被写体で反射され、受光窓35、受光レンズ36を経た光（矢印a'、b'、c'で示す）をPSDなどの受光器37で受光し、その出力により被写体までの距離を検出するように構成されている。このとき可変形状鏡11の下部電極22を制御して反射面32をa、b、cの各方向へ投光されるように駆動する。なお、図5においては、測定対象となる被写体を紙面において行方向に走査した状態を示しているが、列方向に走査させることも勿論可能である。従って、可変形状鏡を用いることで、撮影画面上で測定対象を走査してそれぞれの箇所で20の焦点距離を測定することができる。

【0017】このような可変形状鏡を駆動させる場合、上述のように高電圧を要するため、他の電力消費の大きい動作と重なると、電源への負担が大きく駆動制御の動作が不安定となるおそれがある。このため、カメラのその他の電力消費の大きい動作と重ならないように、本実施形態にかかる可変形状鏡を用いたカメラでは、駆動のタイミングがコントロールされている。図6は本実施形態の可変形状鏡を用いたカメラにおける撮影時の駆動制御を示すフローチャートである。図6において、まず、カメラのEEPROM14に記憶されていた諸データを読み出す（ステップS1）。次いで、モード選択画面が例えば図1に示すカメラのモードLCD9に表示され、撮影者はモード選択を行う。そこで、撮影者により選択されたモードをチェックする（ステップS2）。撮影モードが選択されない場合には、図1に示す電源回路12からの電源のうち駆動電源などの可変形状鏡の駆動部の電源をOFFにして図2に示す電圧制御回路部24に電源が供給されないようにし（ステップS3）、その後20に選択された各種モードの処理を行う（ステップS4）。なお、モード選択には、撮影モード、撮影画像の再生モード、各種数値の設定モード、及び外部との通信モード等があるが、ここでは説明の便宜上、撮影モードを選択した場合について説明する。

【0018】撮影モードが選択された場合には、可変形状鏡の駆動部の電源をONにし、可変形状鏡を構成する図2に示す各電極22に対しEEPROM14から予め読み出しておいた所定の電圧値でもって、反射面23の向き及び変形状態を初期状態にし、その後電源をOFFにする（ステップS5）。その後、ストロボ充電処理を

開始する（ステップS6）。次いで、リリース釦が半押しされているか否かのチェックを行い、リリース釦が半押しされるまでこの処理を繰り返す（ステップS7）。リリース釦が半押しされている場合には、測距処理を行う（ステップS8）。

【0019】図7は本実施形態の可変形状鏡を用いたカメラにおける測距処理のフローチャートである。測距処理では、初期処理として測定位置カウンタnに1をセットする（ステップS81）。次に、ストロボが充電中であるか否かのチェックを行い（ステップS82）、充電中の場合は充電が完了するまで待つ（ステップS83）。ストロボの充電が完了、またはストロボ充電動作をしていない場合には、可変形状鏡の駆動部の電源をONして、電圧制御回路部24に電源を供給し、測定位置カウンタnに対応する位置（例えば、図5のa、b、cのいずれかの位置）の距離が計測できるように反射面23の形状を変化させるように各電極22を駆動し、（ステップS84）、該当位置での測定対象となる被写体の測距を行う（ステップS85）。そして図5に示す受光器37の出力信号に基づく測定値を読み出して（ステップS86）、図1に示すバッファメモリ7に一時的に格納する（ステップS87）。

【0020】その後、測定位置カウンタnに1をプラスし（ステップS88）、測定対象となる被写体についての撮影画面内の全領域の測距が終了するまで（図においてはnが3に達するまで）、該当位置の測距を行い、その測定値をバッファメモリ7に格納するまでの処理を繰り返す（ステップS89）。なお、撮影画面内の領域の走査は、行及び列の2次元で行なってもよい。また、a、b、cの各位置のうち、aの位置は初期状態の位置としてもよく、この場合は残りのb、cの位置に対する変位を行えばよいので、位置の設定回数を減らすこともできる。

【0021】次に、得られた各測距値より図1に示す撮影レンズ系1を介して所望位置の被写体が撮像素子に結像するように駆動すべき撮像レンズ系1を構成する所定のレンズの駆動量を算出し（ステップS90）、その後、可変形状鏡11の駆動部の電源をOFFにする（ステップS91）。これにより測距処理（ステップS8）が終了する。

【0022】なお、上記ストロボ充電チェックに際し、ストロボ充電中の場合は、ストロボ充電を一時停止させて、可変形状鏡の駆動以降の処理を優先し、反射面23の形状を変化させた後、該当位置の測距を行い、その測定値をバッファメモリに格納する処理を行い、得られた測定値より撮像レンズ系1を構成する所定のレンズの駆動量を算出し（ステップS84～ステップS89）、可変形状鏡の駆動部の電源をOFFにした（ステップS91）後にストロボ充電を再開するようにしてもよい。

【0023】測距処理（ステップS8）を終了後、図6

に示すように、測光処理（ステップS9）を行う。その後、ストロボ撮影の場合にはストロボが充電中であるか否かのチェックを行い（ステップS10）、充電中の場合は充電が完了するまで待つ（ステップS11）。ストロボ充電が完了しているとき、又は完了したときは、リリース釦が全押しされるまで処理を待つ（ステップS12）。また、その間に、測距処理で得られた演算値より、所望の位置の被写体が撮像レンズ系1を介して撮像素子3に結像するように、図1に示すレンズ駆動部2が撮像レンズ系1を駆動させる。なお、レンズ駆動部2は、上記駆動のほかに、撮像レンズ系1を変倍駆動、さらには、沈胴、沈胴位置から撮像位置への撮像レンズ系1を構成するレンズの駆動も行なう。

【0024】リリース釦が全押しされた場合には、露光処理を行う（ステップS13）。露光処理では、測光処理で得られた値に応じて決定した絞りの開口及びシャッタースピードに基づいて、メカシャッタ駆動、撮像素子3の制御、ストロボ発光等の露光動作を行ない、得られた画像信号に基づいて画像処理を行なう（ステップS14）。その後、撮像された画像を画像表示し（ステップS15）、必要に応じて撮影者の操作によりメモ리카ード等の記録媒体に記録する（ステップS16）。この間、可変形状鏡11の駆動部の電源は、OFF状態を保持している。そして、画像情報の記録が終了した（ステップS17）後に、可変形状鏡11の駆動部の電源をONして可変形状鏡11を構成する電極により反射面の向きや変形状態を初期化し（ステップS18）、その後、可変形状鏡11の駆動部の電源をOFFにして一駒の撮影処理が終了する。

【0025】このように、本実施形態の可変形状鏡を用いたカメラによれば、レンズ駆動中及び露光動作中に、可変形状鏡への電源供給及び可変形状鏡の駆動を行わないため、電源系への負担が小さく安定した動作を行なうことができる。また、ストロボ充電中に可変形状鏡への電源供給可変形状鏡の駆動を行わないため、ストロボ使用するときでも電源系への負担が小さくて済む。さらに、撮像データ記録中に、可変形状鏡への電源供給可変形状鏡の駆動を行わないため、データ記録動作に悪影響を与えることがない。さらにまた、撮影モード以外の処理において、可変形状鏡への電源供給可変形状鏡の駆動を行わないため、その分省電できる。

【0026】なお、本発明の可変形状鏡を用いたカメラは、図5の実施形態のように可変形状鏡を測距部に設ける構成以外に、可変形状鏡を撮像部に用いた構成にも適用可能である。図8、9は本実施形態のカメラにおいて、可変形状鏡を撮像部に用いた例を示す概略構成図である。

【0027】図8の例では、撮像素子の前に配置する撮像レンズ系1が、レンズ41と、可変形状鏡42と、レンズ群43と、赤外カットフィルター44と、ローパス

フィルター45とで構成されている。そして、可変形状鏡42の反射面の形状を測距部を介して得られた被写体までの距離に応じた電圧を可変形状鏡42に備えられた電極に印加して凹状に変形させることで、反射面のパワーを変えて撮像系の焦点距離を変化させて、オートフォーカスを行うことができる。また、図9の例では、撮像素子の前に配置する撮像レンズ系1が、レンズ51と、傾き可変な可変形状鏡52と、レンズ群53と、赤外カットフィルター54と、ローパスフィルター55とで構成されている。そして、図9の例では、傾き可変な可変形状鏡52の反射面を、ヨー方向、ピッチ方向の角速度を夫々検出する2つの角速度センサを介して得られた手ブレ量に応じて電圧を傾き可変な可変形状鏡52に備えられた電極に印加して、傾けることによって手ブレ量を補正することもできる。このように構成すれば、撮像レンズ系1を構成するレンズ群43、53を移動させることなく所望の焦点位置に調整することができ、その分レンズ駆動部材等を省くことができ撮像レンズ構成を簡単にすることができる。

【0028】そして、図8、9の例のように、可変形状鏡を撮像部に用いる場合も、可変形状鏡の駆動電源部の制御は測距部に用いた場合とほぼ同様に、メカシャッタ駆動や、CCD蓄積読み出しや、ストロボ発光等の露光動作及び露光処理後撮像された画像の画像表示及びメモ리카ード等への記録中においては、撮像部に用いた可変形状鏡の駆動を行なわないようにシーケンス制御すればよい。さらに、図8の例の場合は、測距処理中においても、撮像部に用いた可変形状鏡の駆動を行なわないようにシーケンス制御すればよい。

【0029】なお、本発明に用いる可変形状鏡は、静電引力で駆動する構成の他に、例えば、電磁気力で駆動する構成や、圧電効果を用いて構成したものなど、電気的な力を用いて反射面を駆動させることができるものを用いても勿論よい。

【0030】また、本発明におけるシーケンス制御は、撮像系の一部を構成するレンズに可変焦点レンズを設け、電気的な力により変形してレンズ系の焦点位置を変えるように構成された可変焦点レンズを用いたカメラのシーケンス制御にも適用できる。

【0031】次に、本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡、可変焦点レンズの構成例について説明する。

【0032】まず、本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡について説明する。図10は本発明のカメラの他の実施例にかかる、光学特性ミラーを用いたデジタルカメラのケブラー式ファインダーの概略構成図である。もちろん、銀塩フィルムカメラにも使える。まず、光学特性可変形状鏡409について説明する。

【0033】光学特性可変形状鏡409は、アルミコーティングされた薄膜（反射面）409aと複数の電極409bからなる光学特性可変形状鏡（以下、単に可変形

伏鏡と言う。)であり、411は各電極409bにそれぞれ接続された複数の可変抵抗器、412は可変抵抗器411と電源スイッチ413を介して薄膜409aと電極409b間に接続された電源、414は複数の可変抵抗器411の抵抗値を制御するための演算装置、415、416及び417はそれぞれ演算装置414に接続された温度センサー、湿度センサー及び距離センサーで、これらは図示のように配設されて1つの光学装置を構成している。

【0034】なお、対物レンズ902、接眼レンズ901、及び、プリズム404、二等辺直角プリズム405、ミラー406及び可変形状鏡の各面は、平面でなくともよく、球面、回転対称非球面の他、光軸に対して偏心した球面、平面、回転対称非球面、あるいは、対称面を有する非球面、対称面を1つだけ有する非球面、対称面のない非球面、自由曲面、微分不可能な点又は線を有する面等、いかなる形状をしていてもよく、さらに、反射面でも屈折面でも光に何らかの影響を与え得る面ならばよい。以下、これらの面を総称して拡張曲面という。

【0035】また、薄膜409aは、例えば、P.Rai-Choudhury編、Handbook of Microlithography, Micromachining and Microfabrication, Volume 2: Micromachining and Microfabrication, P495, Fig. 8.58, SPIE PRESS刊やOptics Communication, 140巻(1997年)P187~190に記載されているメンブレインミラーのように、複数の電極409bとの間に電圧が印加されると、静電気力により薄膜409aが変形してその面形状が変化するようにしており、これにより、観察者の視度に合わせたピント調整ができるだけでなく、さらに、レンズ901、902及び/又はプリズム404、二等辺直角プリズム405、ミラー406の温度や湿度変化による変形や屈折率の変化、あるいは、レンズ枠の伸縮や変形及び光学素子、枠等の部品の組立誤差による結像性能の低下が抑制され、常に適正にピント調整並びにピント調整で生じた収差の補正が行われ得る。なお、電極409bの形は、例えば図12、13に示すように、薄膜409aの変形のさせ方に応じて選べばよい。

【0036】本実施例によれば、物体からの光は、対物レンズ902及びプリズム404の各入射面と射出面で屈折され、可変形状鏡409で反射され、プリズム404を透過して、二等辺直角プリズム405でさらに反射され(図10中、光路中の+印は、紙面の裏側へ向かって光線が進むことを示している。)、ミラー406で反射され、接眼レンズ901を介して眼に入射するようになっている。このように、レンズ901、902、プリズム404、405、及び、可変形状鏡409によって、本実施例のカメラの観察光学系を構成しており、これらの各光学素子の面形状と肉厚を最適化することにより、物体面の収差を最小にすることができるようになっている。

【0037】すなわち、反射面としての薄膜409aの形状は、結像性能が最適になるように演算装置414からの信号により各可変抵抗器411の抵抗値を変化させることにより制御される。すなわち、演算装置414へ、温度センサー415、湿度センサー416及び距離センサー417から周囲温度及び湿度並びに物体までの距離に応じた大きさの信号が入力され、演算装置414は、これらの入力信号に基づき周囲の温度及び湿度条件と物体までの距離による結像性能の低下を補償すべく、薄膜409aの形状が決定されるような電圧を電極409bに印加するように、可変抵抗器411の抵抗値を決定するための信号を出力する。このように、薄膜409aは電極409bに印加される電圧すなわち静電気力で変形させられるため、その形状は状況により非球面を含む様々な形状をとり、印加される電圧の極性を変えれば凸面とすることもできる。なお、距離センサー417はなくてもよく、その場合、固体撮像素子408からの像の信号の高周波成分が略最大になるように、デジタルカメラの撮像レンズ403を動かし、その位置から逆に物体距離を算出し、可変形状鏡を変形させて観察者の眼にピントが合うようにすればよい。

【0038】また、薄膜409aをポリイミド等の合成樹脂で製作すれば、低電圧でも大きな変形が可能であるので好都合である。なお、プリズム404と可変形状鏡409を一体的に形成してユニット化することができる。

【0039】また、図示を省略したが、可変形状鏡409の基板上に固体撮像素子408をリソグラフィプロセスにより一体的に形成してもよい。

【0040】また、レンズ901、902、プリズム404、405、ミラー406は、プラスチックモールド等で形成することにより任意の所望形状の曲面を用意に形成することができ、製作も簡単である。なお、本実施例の撮像装置では、レンズ901、902がプリズム404から離れて形成されているが、レンズ901、902を設けることなく収差を除去することができるようにプリズム404、405、ミラー406、可変形状鏡409を設計すれば、プリズム404、405、可変形状鏡409は1つの光学ブロックとなり、組立が容易となる。また、レンズ901、902、プリズム404、405、ミラー406の一部あるいは全部をガラスで作製してもよく、このように構成すれば、さらに精度の良い撮像装置が得られる。

【0041】なお、図10の例では、演算装置414、温度センサー415、湿度センサー416、距離センサー417を設け、温湿度変化、物体距離の変化等も可変形状鏡409で補償するようにしたが、そうではなくてもよい。つまり、演算装置414、温度センサー415、湿度センサー416、距離センサー417を省き、観察者の視度変化のみを可変形状鏡409で補正するよ

うにしてもよい。

【0042】次に、可変形状鏡409の別の構成について述べる。

【0043】図11は本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡409の他の実施例を示しており、この実施例では、薄膜409aと電極409bとの間に圧電素子409cが介装されていて、これらが支持台423上に設けられている。そして、圧電素子409cに加わる電圧を各電極409b毎に変えることにより、圧電素子409cに部分的に異なる伸縮を生じさせて、薄膜409aの形状を変えることができるようになっている。電極409bの形は、図12に示すように、同心分割であってもよいし、図13に示すように、矩形分割であってもよく、その他、適宜の形のものを選択することができる。

図11中、424は演算装置414に接続された振れ(ブレ)センサーであって、例えばデジタルカメラの振れを検知し、振れによる像の乱れを補償するように薄膜409aを変形させるべく、演算装置414及び可変抵抗器411を介して電極409bに印加される電圧を変化させる。このとき、温度センサー415、湿度センサー416及び距離センサー417からの信号も同時に考慮され、ピント合わせ、温湿度補償等が行われる。この場合、薄膜409aには圧電素子409cの変形に伴う応力が加わるので、薄膜409aの厚さはある程度厚めに作られて相応の強度を持たせるようにするのがよい。

【0044】図14は本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示している。この実施例は、薄膜409aと電極409bの間に介置される圧電素子が逆方向の圧電特性を持つ材料で作られた2枚の圧電素子409c及び409c'で構成されている点で、図11に示された実施例とは異なる。すなわち、圧電素子409cと409c'が強誘電性結晶で作られているとすれば、結晶軸の向きが互いに逆になるように配置される。この場合、圧電素子409cと409c'は電圧が印加されると逆方向に伸縮するので、薄膜409aを変形させる力が図19に示した実施例の場合よりも強くなり、結果的にミラー表面の形を大きく変えることができるという利点がある。

【0045】圧電素子409c、409c'に用いる材料としては、例えばチタン酸バリウム、ロッシェル塩、水晶、電気石、リン酸二水素カリウム(KDP)、リン酸二水素アンモニウム(ADP)、ニオブ酸リチウム等の圧電物質、同物質の多結晶体、同物質の結晶、 $PbZrO_3$ と $PbTiO_3$ の固溶体の圧電セラミックス、二フッ化ポリビニール(PVDF)等の有機圧電物質、上記以外の強誘電体等があり、特に有機圧電物質はヤング率が小さく、低電圧でも大きな変形が可能であるので、好ましい。なお、これらの圧電素子を利用する場合、厚さを不均一にすれば、上記実施例において薄膜409aの形状を適切に変形させることも可能である。

【0046】また、圧電素子409c、409c'の材質としては、ポリウレタン、シリコンゴム、アクリルエラストマー、PZT、PLZT、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)等の高分子圧電体、シアン化ビニリデン共重合体、ビニリデンフルオライドとトリフルオロエチレンの共重合体等が用いられる。圧電性を有する有機材料や、圧電性を有する合成樹脂、圧電性を有するエラストマー等を用いると可変形状鏡面の大きな変形が実現できてよい。

【0047】なお、図11、15の圧電素子409cに電歪材料、例えば、アクリルエラストマー、シリコンゴム等を用いる場合には、圧電素子409cを別の基板409c-1と電歪材料409c-2を貼り合わせた構造にしてもよい。

【0048】図15は本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示している。この実施例では、圧電素子409cが薄膜409aと電極409dとにより挟持され、薄膜409aと電極409d間に演算装置414により制御される駆動回路425を介して電圧が印加されるようになっており、さらにこれとは別に、支持台423上に設けられた電極409bにも演算装置414により制御される駆動回路425を介して電圧が印加されるように構成されている。したがって、この実施例では、薄膜409aは電極409dとの間に印加される電圧と電極409bに印加される電圧による静電気力とにより二重に変形され得、上記実施例に示した何れのものよりもより多くの変形パターンが可能であり、かつ、応答性も速いという利点がある。

【0049】そして、薄膜409a、電極409d間の電圧の符号を変えれば、可変形状鏡を凸面にも凹面にも変形させることができる。その場合、大きな変形を圧電効果で行ない、微細な形状変化を静電気力で行なってもよい。また、凸面の変形には圧電効果を主に用い、凹面の変形には静電気力を主に用いてもよい。なお、電極409dは電極409bのように複数の電極から構成されてもよい。この様子を図15に示した。なお、本願では、圧電効果と電歪効果、電歪をすべてまとめて圧電効果と述べている。従って、電歪材料も圧電材料に含むものとする。

【0050】図16は本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示している。この実施例は、電磁気力を利用して反射面の形状を変化させ得るようにしたもので、支持台423の内部底面上には永久磁石426が、頂面上には窒化シリコン又はポリイミド等からなる基板409eの周縁部が載置固定されており、基板409eの表面にはアルミニウム等の金属コートで作られた薄膜409aが付設されていて、可変形状鏡409を構成している。基板409eの下面には複数のコイル427が配設されており、これらのコイル427はそれぞれ駆動回路428を介して演算装置414に



接続されている。したがって、各センサー４１５、４１６、４１７、４２４からの信号によって演算装置４１４において求められる光学系の変化に対応した演算装置４１４からの出力信号により、各駆動回路４２８から各コイル４２７にそれぞれ適当な電流が供給されると、永久磁石４２６との間に働く電磁気力で各コイル４２７は反発又は吸着され、基板４０９e及び薄膜４０９aを變形させる。

【0051】この場合、各コイル427はそれぞれ異なる量の電流を流すようにすることもできる。また、コイル427は1個でもよいし、永久磁石426を基板409eに付設しコイル427を支持台423の内部底面側に設けるようにしてもよい。また、コイル427はリソグラフィ等の手法で作るとよく、さらに、コイル427には強磁性体よりなる鉄心を入れるようにしてもよい。

【0052】この場合、薄膜コイル427の巻密度を、図17に示すように、場所によって変化させることにより、基板409e及び薄膜409aに所望の変形を与えるようにすることもできる。また、コイル427は1個でもよいし、また、これらのコイル427には強磁性体よりなる鉄心を挿入してもよい。

【 0 0 5 3 】 図 1 8 は本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡 4 0 9 のさらに他の実施例を示している。この実施例では、基板 4 0 9 e は鉄等の強磁性体で作られており、反射膜としての薄膜 4 0 9 a はアルミニウム等からなっている。この場合、薄膜コイルを設けなくてもすむから、構造が簡単で、製造コストを低減することができる。また、電源スイッチ 4 1 3 を切換え兼電源開閉用スイッチに置換すれば、コイル 4 2 7 に流れる電流の方向を変えることができ、基板 4 0 9 e 及び薄膜 4 0 9 a の形状を自由に変えることができる。図 1 9 はこの実施例におけるコイル 4 2 7 の配置を示し、図 2 0 はコイル 4 2 7 の他の配置例を示しているが、これらの配置は、図 1 6 に示した実施例にも適用することができる。なお、図 2 1 は、図 1 6 に示した実施例において、コイル 4 2 7 の配置を図 2 0 に示したようにした場合に適する永久磁石 4 2 6 の配置を示している。すなわち、図 2 1 に示すように、永久磁石 4 2 6 を放射状に配置すれば、図 1 6 に示した実施例に比べて、微妙な変形を基板 4 0 9 e 及び薄膜 4 0 9 a に与えることができる。また、このように電磁気力を用いて基板 4 0 9 e 及び薄膜 4 0 9 a を変形させる場合（図 1 0 及び図 1 8 の実施例）は、静電気力を用いた場合よりも低電圧で駆動できるという利点がある。

【００５４】以上いくつかの変形状鏡の実施例を述べたが、ミラーの形を変形させるのに、図１５の例に示すように、２種類以上の力を用いてもよい。つまり静電気力、電磁力、圧電効果、磁歪、流体の圧力、電場、磁場、温度変化、電磁波等のうちから２つ以上を同時に用 50

いて可変形状鏡を変形させてもよい。つまり2つ以上の異なる駆動方法を用いて光学特性可変光学素子を作れば、大きな変形と微細な変形とを同時に実現でき、精度の良い鏡面が実現できる。

【0055】図22は本発明のさらに他の実施例に係る、カメラに適用可能な可変形状鏡409を用いた撮像系、例えば携帯電話のデジタルカメラ、カプセル内視鏡、電子内視鏡、パソコン用デジタルカメラ、PDA用デジタルカメラ等に用いられる撮像系の概略構成図である。本実施例の撮像系は、可変形状鏡409と、レンズ902と、固体撮像素子408と、制御系103とで一つの撮像ユニット104を構成している。本実施例の撮像ユニット902では、レンズ102を通った物体からの光は可変形状鏡409で集光され、固体撮像素子408の上に結像する。可変形状鏡409は、光学特性可変光学素子の一種であり、可変焦点ミラーとも呼ばれている。

【００５６】本実施例によれば、物体距離が変わっても可変形状鏡４０９を変形させることでピント合わせをすることができ、レンズをモータ等で駆動する必要がなく、小型化、軽量化、低消費電力化の点で優れている。また、撮像ユニット１０４は本発明の撮像系としてすべての実施例で用いることができる。また、可変形状鏡４０９を複数用いることでズーム、変倍の撮像系、光学系を作ることができる。なお、図２２では、制御系１０３にコイルを用いたトランスの昇圧回路を含む制御系の構成例を示している。特に積層型圧電トランスを用いると、小型化できてよい。昇圧回路は本発明のすべての電気を用いる可変形状鏡、可変焦点レンズに用いることができるが、特に静電気力、圧電効果を用いる場合の可変形状鏡、可変焦点レンズに有用である。

【００５７】図２３は本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡のさらに他の実施例に係る、マイクロポンプ１８０で流体１６１を出し入れし、レンズ面を変形させる可変形状鏡１８８の概略構成図である。本実施例によれば、レンズ面を大きく変形させることが可能になるというメリットがある。マイクロポンプ１８０は、例えば、マイクロマシンの技術で作られた小型のポンプで、電力で動くように構成されている。流体１６１は、透明基板１６３と、弾性体１６４との間に挟まれている。マイクロマシンの技術で作られたポンプの例としては、熱変形を利用したもの、圧電材料を用いたもの、静電気力を用いたものなどがある。

【0058】図24は本発明のカメラに適用可能なマイクロポンプの一実施例を示す概略構成図である。本実施例のマイクロポンプ180では、振動板181は静電気力、圧電効果等の電気力により振動する。図24では静電気力により振動する例を示しており、図24中、182、183は電極である。また、点線は変形した時の振動板181を示している。振動板181の振動に伴い、

2つの弁184、185が開閉し、流体161を右から左へ送るようになっている。

【0059】本実施例の変形状鏡188では、反射膜189が流体161の量に応じて凹凸に変形することで、可変形状鏡として機能する。可変形状鏡188は流体161で駆動されている。流体としては、シリコンオイル、空気、水、ゼリー、等の有機物、無機物を用いることができる。

【0060】なお、静電気力、圧電効果を用いた可変形状鏡、可変焦点レンズなどにおいては、駆動用に高電圧が必要になる場合がある。その場合には、例えば図22に示すように、昇圧用のトランス、あるいは圧電トランス等を用いて制御系を構成するとよい。また、反射用の薄膜409aは、変形しない部分にも設けておくと、可変形状鏡の形状を干渉計等で測定する場合に、基準面として使うことができ便利である。

【0061】次に、本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズについて説明する。図25は本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズの原理的構成を示す図であ \*

$$2\text{nm} \leq D \leq \lambda/5$$

とする。すなわち、液晶分子517の大きさは、2nm程度以上であるので、平均の直径Dの下限値は、2nm以上とする。また、Dの上限値は、可変焦点レンズ511の光軸方向における高分子分散液晶層514の厚さtにも依存するが、λに比べて大きいと、高分子の屈折率と液晶分子517の屈折率との差により、高分子セル518の境界面で光が散乱して高分子分散液晶層514が不透明になってしまうため、後述するように、好ましく※

$$n_{ox} = n_{ov} = n_o$$

である。ただし、 $n_o$ は常光線の屈折率を示し、 $n_{ox}$ および $n_{ov}$ は、常光線を含む面内での互いに直交する方向の屈折率を示す。

【0064】ここで、図25に示すように、スイッチ515をオフ、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加しない状態では、液晶分子517が様々な方向を向いているので、入射光に対する高分子分散液晶層514の屈折率は高く、屈折力の強いレンズとなる。これに対し、図27に示すように、スイッチ515をオンとして高分子分散液晶層514に交流電界を印加すると、液晶分子517は、屈折率楕円体の長軸方向が可変焦点レンズ511の光軸と平行となるように配向するので、屈折率が低くなり、屈折力の弱いレンズとなる。★

$$(n_{ox} + n_{ov} + n_z) / 3 \equiv n_{lc}$$

となる。また、上記(2)式が成り立つときの平均屈折率 ☆

$$(2n_o + n_z) / 3 \equiv n_{lc}$$

で与えられる。このとき、高分子分散液晶層514の屈折率 $n_a$ は、高分子セル518を構成する高分子の屈折率を $n_p$ とし、高分子分散液晶層514の体積に占める ◆

$$n_a = f f \cdot n_{lc} + (1 - f f) n_p$$

で与えられる。

\* する。この可変焦点レンズ511は、第1、第2の面としてのレンズ面508a、508bを有する第1のレンズ512aと、第3、第4の面としてのレンズ面509a、509bを有する第2のレンズ512bと、これらレンズ間に透明電極513a、513bを介して設けた高分子分散液晶層514とを有し、入射光を第1、第2のレンズ512a、512bを経て収束させるものである。透明電極513a、513bは、スイッチ515を介して交流電源516に接続して、高分子分散液晶層514に交流電界を選択的に印加するようにする。なお、高分子分散液晶層514は、それぞれ液晶分子517を含む球状、多面体等の任意の形状の多数の微小な高分子セル518を有して構成し、その体積は、高分子セル518を構成する高分子および液晶分子517がそれぞれ占める体積の和に一致させる。

【0062】ここで、高分子セル518の大きさは、例えば球状とする場合、その平均の直径Dを、使用する光の波長をλとすると、例えば、

$$\dots (1)$$

※はλ/5以下とする。可変焦点レンズが用いられる光学製品によっては高精度を要求しない場合もあり、そのときDはλ以下でよい。なお、高分子分散液晶層514の透明度は、厚さtが厚いほど悪くなる。

【0063】また、液晶分子517は、例えば、一軸性のネマティック液晶分子を用いる。この液晶分子517の屈折率楕円体は、図26に示すような形状となり、

$$\dots (2)$$

30★【0065】なお、高分子分散液晶層514に印加する電圧は、例えば、図28に示すように、可変抵抗器519により段階的あるいは連続的に変化させることもできる。このようにすれば、印加電圧が高くなるにつれて、液晶分子517は、その楕円長軸が徐々に可変焦点レンズ511の光軸と平行となるように配向するので、屈折力を段階的あるいは連続的に変えることができる。

【0066】ここで、図25に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加しない状態での、液晶分子517の平均屈折率 $n_{lc}$ は、図26に示すように屈折率楕円体の長軸方向の屈折率を $n_z$ とすると、およそ

$$\dots (3)$$

☆  $n_{lc}$ は、 $n_z$ を異常光線の屈折率 $n_a$ と表して、

$$\dots (4)$$

◆液晶分子517の体積の割合を $f f$ とすると、マックスウェル・ガーネットの法則により、

$$\dots (5)$$

50 【0067】したがって、図28に示すように、レンズ

512aおよび512bの内側の面、すなわち高分子分散液晶層514側の面の曲率半径を、それぞれ $R_1$ および $R_2$ とすると、可変焦点レンズ511の焦点距離 $f$ は、

$$1/f_1 = (n_a - 1) (1/R_1 - 1/R_2) \quad \dots (6)$$

で与えられる。なお、 $R_1$ および $R_2$ は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ512aおよび512bの外側の面による屈折は除いている。つまり、 $n_{ox} + n_{oy} / 2 = n_o'$

$$(n_{ox} + n_{oy}) / 2 = n_o' \quad \dots (7)$$

とすれば、図27に示す状態、すなわち高分子分散液晶層514に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層514の屈折率 $n_s$ は、

$$n_s = f f \cdot n_o' + (1 - f f) n_p \quad \dots (8)$$

で与えられるので、この場合の高分子分散液晶層514の屈折率 $n_s$ は、

$$1/f_2 = (n_s - 1) (1/R_1 - 1/R_2) \quad \dots (9)$$

で与えられる。なお、高分子分散液晶層514に、図27におけるよりも低い電圧を印加する場合の焦点距離 $f_2$ は、(6)式で与えられる焦点距離 $f_1$ と、(9)式で与えられる焦点距離 $f_2$ との間の値となる。

$$|(f_2 - f_1) / f_2| = |(n_s - n_a) / (n_s - 1)| \quad \dots (10)$$

で与えられる。したがって、この変化率を大きくするに $n_s - n_a = f f (n_o' - n_{lc})$

$$n_s - n_a = f f (n_o' - n_{lc}) \quad \dots (11)$$

であるから、 $|n_o' - n_{lc}|$ を大きくすれば、変化率を大きくすることができる。実用的には、 $n_s$ が、 $0.01 \leq |n_o' - n_{lc}| \leq 10$

$$0.01 \leq |n_o' - n_{lc}| \leq 10 \quad \dots (12)$$

とすれば、 $f f = 0.5$ のとき、高分子分散液晶層514による焦点距離を、0.5%以上変えることができるので、効果的な可変焦点レンズを得ることができる。なお、 $|n_o' - n_{lc}|$ は、液晶物質の制限から、10を越えることはできない。

【0070】次に、上記(1)式の上限値の根拠について説明する。「Solar Energy Materials and Solar Cells」31巻、Wilson and Eck, 1993, Elsevier Science Publishers B.V. 発行の第197～214頁、「Transmission variation using scattering/transparent switching films」には、高分子分散液晶の大きさを変化させたときの透過率 $\tau$ の変化が示されている。そして、かかる文献の第206頁、図6には、高分子分散液晶の半径を $r$ とし、 $t = 300 \mu m$ 、 $f f = 0.5$ 、 $n_p = 1.45$ 、 $n_{lc} = 1.585$ 、 $\lambda = 500 nm$ とすると、透過率 $\tau$ は、理論値で、 $r = 5 nm$  ( $D = \lambda / 50$ 、 $D \cdot t = \lambda \cdot 6 \mu m$  (ただし、 $D$ および $\lambda$ の単位は $nm$ 、以下も同じ))のとき $\tau \approx 90\%$ となり、 $r = 25 nm$  ( $D = \lambda / 10$ )のとき $\tau \approx 50\%$ になることが示されている。

$$D \cdot t \leq \lambda \cdot 15 \mu m$$

であれば、 $\tau$ は70%～80%以上となり、レンズとして十分実用になる。したがって、例えば、 $t = 75 \mu m$ の場合は、 $D \leq \lambda / 5$ で、十分な透過率が得られることになる。

【0073】また、高分子分散液晶層514の透過率 $\tau$ は、 $n_p = (n_o' + n_{lc}) / 2$

$$n_p = (n_o' + n_{lc}) / 2$$

を満足するときである。

【0074】ここで、可変焦点レンズ511は、レンズとして使用するものであるから、図25の状態でも、図27の状態でも、透過率はほぼ同じで、かつ高い方が良

$$n_o' \leq n_p \leq n_{lc}$$

とすればよい。

【0075】上記(14)式を満足すれば、上記(13)式は、 $D \cdot t \leq \lambda \cdot 60 \mu m$

$$D \cdot t \leq \lambda \cdot 60 \mu m$$

とすると、可変焦点レンズ511の焦点距離 $f$ は、 $n_{ox} + n_{oy} / 2 = n_o'$

※高分子分散液晶層514のみによるレンズの焦点距離 $f_2$ が、(6)式で与えられる。

【0068】また、常光線の平均屈折率を、 $n_{ox} + n_{oy} / 2 = n_o'$

★514の屈折率 $n_s$ は、 $n_s = f f \cdot n_o' + (1 - f f) n_p$

☆のみによるレンズの焦点距離 $f_2$ は、 $1/f_2 = (n_s - 1) (1/R_1 - 1/R_2)$

◆れる焦点距離 $f_2$ との間の値となる。

【0069】上記(6)および(9)式から、高分子分散液晶層514による焦点距離の変化率は、 $|(f_2 - f_1) / f_2| = |(n_s - n_a) / (n_s - 1)|$

※は、 $|n_s - n_a|$ を大きくすればよい。ここで、 $n_s - n_a = f f (n_o' - n_{lc})$

※1.3～2程度であるから、 $0.01 \leq |n_o' - n_{lc}| \leq 10$

★=1.585、 $\lambda = 500 nm$ とすると、透過率 $\tau$ は、理論値で、 $r = 5 nm$  ( $D = \lambda / 50$ 、 $D \cdot t = \lambda \cdot 6 \mu m$  (ただし、 $D$ および $\lambda$ の単位は $nm$ 、以下も同じ))のとき $\tau \approx 90\%$ となり、 $r = 25 nm$  ( $D = \lambda / 10$ )のとき $\tau \approx 50\%$ になることが示されている。

【0071】ここで、例えば、 $t = 150 \mu m$ の場合を推定してみると、透過率 $\tau$ が $t$ の指数関数で変化すると仮定して、 $t = 150 \mu m$ の場合の透過率 $\tau$ を推定してみると、 $r = 25 nm$  ( $D = \lambda / 10$ 、 $D \cdot t = \lambda \cdot 15 \mu m$ )のとき $\tau \approx 71\%$ となる。また、 $t = 75 \mu m$ の場合は、同様に、 $r = 25 nm$  ( $D = \lambda / 10$ 、 $D \cdot t = \lambda \cdot 7.5 \mu m$ )のとき $\tau \approx 80\%$ となる。

【0072】これらの結果から、 $n_p = (n_o' + n_{lc}) / 2$

$$\dots (13)$$

☆は、 $n_p$ の値が $n_{lc}$ の値に近いほど良くなる。一方、 $n_o'$ と $n_p$ とが異なる値になると、高分子分散液晶層514の透過率は悪くなる。図25の状態と図27の状態とで、平均して高分子分散液晶層514の透過率が良くなるのは、 $n_o' \leq n_p \leq n_{lc}$

$$\dots (14)$$

◆い。そのためには、高分子セル518を構成する高分子の材料および液晶分子517の材料に制限があるが、実用的には、 $n_o' \leq n_p \leq n_{lc}$

$$\dots (15)$$

※さらに緩和され、 $D \cdot t \leq \lambda \cdot 60 \mu m$

$$\dots (16)$$

であれば良いことになる。なぜなら、フレネルの反射則によれば、反射率は屈折率差の2乗に比例するので、高分子セル518を構成する高分子と液晶分子517との境界での光の反射、すなわち高分子分散液晶層514の\*

$$D \cdot t \leq \lambda \cdot 15 \mu\text{m} \cdot (1.585 - 1.45)^2 / (n_o - n_r)^2 \quad \dots(17)$$

であればよい。ただし、 $(n_o - n_r)^2$ は、 $(n_{lc} - n_r)^2$ と $(n_o - n_r)^2$ とのうち、大きい方である。

【0077】また、可変焦点レンズ511の焦点距離変※

$$0.1 \leq f f \leq 0.999$$

とする。一方、 $f f$ は、小さいほどは向上するので、☆10☆上記(17)式は、好ましくは、

$$4 \times 10^{-6} (\mu\text{m})^2 \leq D \cdot t \leq \lambda \cdot 45 \mu\text{m} \cdot (1.585 - 1.45)^2 / (n_o - n_r)^2 \quad \dots(19)$$

とする。なお、 $t$ の下限値は、図25から明らかなように、 $t = D$ で、 $D$ は、上述したように2nm以上であるので、 $D \cdot t$ の下限値は、 $(2 \times 10^{-3} \mu\text{m})^2$ 、すなわち $4 \times 10^{-6} (\mu\text{m})^2$ となる。

【0078】なお、物質の光学特性を屈折率で表す近似が成り立つのは、「岩波科学ライブラリー8 小惑星が☆

$$7 \text{ nm} \leq D \leq 500 \text{ nm}$$

とする。

【0079】図29は、図28に示す可変焦点レンズ511を用いるデジタルカメラ用の撮像光学系の構成を示すものである。この撮像光学系においては、物体（図示せず）の像を、絞り521、可変焦点レンズ511およびレンズ522を介して、例えばCCDよりなる固体撮像素子523上に結像させる。なお、図37では、液晶分子の図示を省略してある。

【0080】かかる撮像光学系によれば、可変抵抗器519により可変焦点レンズ511の高分子分散液晶層514に印加する交流電圧を調整して、可変焦点レンズ511の焦点距離を変えることより、可変焦点レンズ511およびレンズ522を光軸方向に移動させることなく、例えば、無限遠から600mmまでの物体距離に対して、連続的に合焦させることが可能となる。

【0081】図30は本発明のカメラに適用可能な可変◇

$$p \sin \theta = m \lambda$$

を満たす角度 $\theta$ だけ偏向されて出射される。また、溝深さを $h$ 、透明基板33の屈折率を $n_s$ とし、 $k$ を整数と\*

$$h (n_s - n_r) = m \lambda \quad \dots(22)$$

$$h (n_s - n_r) = k \lambda \quad \dots(23)$$

を満たせば、波長 $\lambda$ で回折効率が100%となり、フレアの発生を防止することができる。

$$h (n_s - n_r) = (m - k) \lambda \quad \dots(24)$$

が得られる。したがって、例えば、 $\lambda = 500 \text{ nm}$ 、 $n_s = 1.55$ 、 $n_r = 1.5$ とすると、

$$0.05 h = (m - k) \cdot 500 \text{ nm}$$

となり、 $m = 1$ 、 $k = 0$ とすると、

$$h = 10000 \text{ nm} = 10 \mu\text{m}$$

となる。この場合、透明基板533の屈折率 $n_s$ は、上記(22)式から、 $n_s = 1.5$ であればよい。また、可変焦点回折光学素子531の周辺部における格子ピッチ $p$  50

\*透過率の減少は、およそ上記の高分子と液晶分子517との屈折率の差の2乗に比例するからである。

【0076】以上は、 $n_o' \approx 1.45$ 、 $n_{lc}' \approx 1.585$ の場合であったが、より一般的に定式化すると、

※化を大きくするには、 $f f$ の値が大きい方がよいが、 $f = 1$ では、高分子の体積がゼロとなり、高分子セル518を形成できなくなるので、

$$\dots(18)$$

☆やってくる」向井正著、1994、岩波書店発行の第58頁に記載されているように、 $D$ が10nm~5nmより大きい場合である。また、 $D$ が500nmを越えると、光の散乱は幾何学的となり、高分子セル518を構成する高分子と液晶分子517との界面での光の散乱がフレネルの反射式に従って増大するので、 $D$ は、実用的には、

$$\dots(20)$$

◇焦点回折光学素子の一例の構成を示す図である。この可変焦点回折光学素子531は、平行な第1、第2の面532a、532bを有する第1の透明基板532と、光の波長オーダーの溝深さを有する断面鋸歯波状のリング状回折格子を形成した第3の面533aおよび平坦な第4の面533bを有する第2の透明基板533とを有し、入射光を第1、第2の透明基板532、533を経て出射させるものである。第1、第2の透明基板532、533間には、図25で説明したと同様に、透明電極513a、513bを介して高分子分散液晶層514を設け、透明電極513a、513bをスイッチ515を経て交流電源516に接続して、高分子分散液晶層514に交流電界を印加するようにする。

【0082】かかる構成において、可変焦点回折光学素子531に入射する光線は、第3の面533aの格子ピッチを $p$ とし、 $m$ を整数とすると、

$$\dots(21)$$

\*すると、

$$\dots(22)$$

$$\dots(23)$$

40※【0083】ここで、上記(22)および(23)式の両辺の差を求めると、

$$\dots(24)$$

を10 $\mu\text{m}$ とすると、 $\theta \approx 2.87^\circ$ となり、Fナンバーが10のレンズを得ることができる。

【0084】かかる、可変焦点回折光学素子531は、高分子分散液晶層514への印加電圧のオン・オフで光路長が変わるので、例えば、レンズ系の光束が平行でない部分に配置して、ピント調整を行うのに用いたり、レンズ系全体の焦点距離等を変えるのに用いることができる。

【0085】なお、この実施形態において、上記(22)～\* (24)式は、実用上、

$$0.7m\lambda \leq h(n_a - n_{s1}) \leq 1.4m\lambda \quad \dots(25)$$

$$0.7k\lambda \leq h(n_s - n_{s2}) \leq 1.4k\lambda \quad \dots(26)$$

$$0.7(m-k)\lambda \leq h(n_a - n_s) \leq 1.4(m-k)\lambda \quad \dots(27)$$

を満たせば良い。

※ようにする。

【0086】また、ツイストネマティック液晶を用いる可変焦点レンズもある。図31および図32は、この場合の可変焦点眼鏡550の構成を示すものであり、可変焦点レンズ551は、レンズ552および553と、これらレンズの内面上にそれぞれ透明電極513a、513bを介して設けた配向膜539a、539bと、これら配向膜間に設けたツイストネマティック液晶層554とを有して構成し、その透明電極513a、513bを可変抵抗器519を経て交流電源516に接続して、ツイストネマティック液晶層554に交流電界を印加する※

$$2nm \leq P \leq 2\lambda/3$$

とする。なお、この条件の下限値は、液晶分子の大きさで決まり、上限値は、入射光が自然光の場合に、図31の状態ツイストネマティック液晶層554が等方媒質として振舞うために必要な値であり、この上限値の条件を満たさないと、可変焦点レンズ551は偏光方向によって焦点距離の異なるレンズとなり、これがため二重像が形成されてばけた像しか得られなくなる。

【0089】図33(a)は、本発明のカメラに適用可能な可変偏角プリズムの構成を示すものである。この可変偏角プリズム561は、第1、第2の面562a、562bを有する入射側の第1の透明基板562と、第3、第4の面563a、563bを有する出射側の平行平板状の第2の透明基板563とを有する。入射側の透明基板562の内面(第2の面)562bは、フレネル状に形成し、この透明基板562と出射側の透明基板563との間に、図25で説明したと同様に、透明電極513a、513bを介して高分子分散液晶層514を設ける。透明電極513a、513bは、可変抵抗器519を経て交流電源516に接続し、これにより高分子分散液晶層514に交流電界を印加して、可変偏角プリズム561を透過する光の偏角を制御するようにする。なお、図33(a)では、透明基板562の内面562bをフレネル状に形成したが、例えば、図33(b)に示すように、透明基板562および563の内面を相対的に傾斜させた傾斜面を有する通常のプリズム状に形成することもできるし、あるいは図30に示した回折格子状に形成することもできる。回折格子状に形成する場合には、上記の(21)～(27)式が同様にあてはまる。

【0090】かかる構成の可変偏角プリズム561は、例えば、TVカメラ、デジタルカメラ、フィルムカメラ、双眼鏡等のブレ防止用として有効に用いることができる。この場合、可変偏角プリズム561の屈折方向(偏向方向)は、上下方向とするのが望ましいが、さらに性能を向上させるためには、2個の可変偏角プリズム

【0087】かかる構成において、ツイストネマティック液晶層554に印加する電圧を高くすると、液晶分子555は、図32に示すようにホメオトロピック配向となり、図31に示す印加電圧が低いツイストネマティック状態の場合に比べて、ツイストネマティック液晶層554の屈折率は小さくなり、焦点距離が長くなる。

【0088】ここで、図31に示すツイストネマティック状態における液晶分子555の螺旋ピッチPは、光の波長λに比べて同じ程度か十分小さくする必要があるもので、例えば、

$$\dots(28)$$

561を偏向方向を異ならせて、例えば図34に示すように、上下および左右の直交する方向で屈折角を変えるように配置するのが望ましい。なお、図33および図34では、液晶分子の図示を省略してある。

【0091】図35は本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズとしての可変焦点ミラーを示すものである。この可変焦点ミラー565は、第1、第2の面566a、566bを有する第1の透明基板566と、第3、第4の面567a、567bを有する第2の透明基板567とを有する。第1の透明基板566は、平板状またはレンズ状に形成して、内面(第2の面)566bに透明電極513aを設け、第2の透明基板567は、内面(第3の面)567aを凹面状に形成して、該凹面上に反射膜568を施し、さらにこの反射膜568上に透明電極513bを設ける。透明電極513a、513b間には、図25で説明したと同様に、高分子分散液晶層514を設け、これら透明電極513a、513bをスイッチ515および可変抵抗器519を経て交流電源516に接続して、高分子分散液晶層514に交流電界を印加するようにする。なお、図35では、液晶分子の図示を省略してある。

【0092】かかる構成によれば、透明基板566側から入射する光線は、反射膜568により高分子分散液晶層514を折り返す光路となるので、高分子分散液晶層514の作用を2回もたせることができると共に、高分子分散液晶層514への印加電圧を変えることにより、反射光の焦点位置を変えることができる。この場合、可変焦点ミラー565に入射した光線は、高分子分散液晶層514を2回透過するので、高分子分散液晶層514の厚さの2倍をtとすれば、上記の各式を同様に用いることができる。なお、透明基板566または567の内面を、図30に示したように回折格子状にして、高分子分散液晶層514の厚さを薄くすることもできる。このようにすれば、散乱光をより少なくできる利点がある。

【0093】なお、以上の説明では、液晶の劣化を防止するため、電源として交流電源516を用いて、液晶に交流電界を印加するようにしたが、直流電源を用いて液晶に直流電界を印加するようにすることもできる。また、液晶分子の方向を変える方法としては、電圧を変化させること以外に、液晶にかける電場の周波数、液晶にかける磁場の強さ・周波数、あるいは液晶の温度等を変化させることによってよい。以上に示した実施形態において、高分子分散液晶は液状ではなく固体に近いものもあるので、その場合はレンズ512a、512bの一方、透明基板532、レンズ538、レンズ552、553の一方、図33(a)における透明基板563、図33(b)における透明基板562、563の一方、透明基板566、567の一方はなくてもよい。

【0094】図36は本発明のカメラに適用可能なさらに他の実施例に係る、可変焦点レンズ140を用いた撮像ユニット141の概略構成図である。撮像ユニット141は本発明の撮像系として用いることができる。本実施例では、レンズ102と可変焦点レンズ140とで、撮像レンズを構成している。そして、この撮像レンズと固体撮像素子408とで撮像ユニット141を構成している。可変焦点レンズ140は、透明部材142と圧電性のある合成樹脂等の柔らかい透明物質143とで、光を透過する流体あるいはゼリー状物質144を挟んで構成されている。

【0095】流体あるいはゼリー状物質144としては、シリコンオイル、弾性ゴム、ゼリー、水等を用いることができる。透明物質143の両面には透明電極145が設けられており、回路103'を介して電圧を加えることで、透明物質143の圧電効果により透明物質143が変形し、可変焦点レンズ140の焦点距離が変わるようになっている。従って、本実施例によれば、物体距離が変わった場合でも光学系をモーター等で動かすことなくフォーカスがで、小型、軽量、消費電力が少ない点で優れている。

【0096】なお、図36中、145は透明電極、146は流体をためるシリンダーである。また、透明物質143の材質としては、ポリウレタン、シリコンゴム、アクリルエラストマー、PZT、PLZT、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)等の高分子圧電体、シアン化ビニリデン共重合体、ビニリデンフルオライドとトリフルオロエチレンの共重合体等が用いられる。圧電性を有する有機材料や、圧電性を有する合成樹脂、圧電性を有するエラストマー等を用いると可変焦点レンズ面の大きな変形が実現できてよい。可変焦点レンズには透明な圧電材料を用いるとよい。

【0097】なお、図36の例で、可変焦点レンズ140は、シリンダー146を設けるかわりに、図37に示すように、支援部材147を設けてシリンダー146を省略した構造にしてもよい。支援部材147は、間に

透明電極145を挟んで、透明物質143の一部の周辺部分を固定している。本実施例によれば、透明物質143に電圧をかけることによって、透明物質143が変形しても、図38に示すように、可変焦点レンズ140全体の体積が変わらないように変形するため、シリンダー146が不要になる。なお、図37、38中、148は変形可能な部材で、弾性体、アコーディオン状の合成樹脂または金属等でできている。

【0098】図36、図37に示す実施例では、電圧を逆に印加すると透明物質143は逆向きに変形するので凹レンズにすることも可能である。なお、透明物質143に電歪材料、例えば、アクリルエラストマー、シリコンゴム等を用いる場合は、透明物質143を透明基板と電歪材料を貼り合わせた構造にするとよい。

【0099】図39は本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズのさらに他の実施例に係る、マイクロポンプ160で流体161を出し入れし、レンズ面を変形させる可変焦点レンズ162の概略構成図である。マイクロポンプ160は、例えば、マイクロマシンの技術で作られた小型のポンプで、電力で動くように構成されている。流体161は、透明基板163と、弾性体164との間に挟まれている。図39中、165は弾性体164を保護するための透明基板で、設けなくてもよい。マイクロマシンの技術で作られたポンプの例としては、熱変形を利用したもの、圧電材料を用いたもの、静電気力を用いたものなどがある。

【0100】そして、図24で示したようなマイクロポンプ180を、例えば、図39に示す可変焦点レンズに用いるマイクロポンプ160のように、2つ用いればよい。

【0101】なお、静電気力、圧電効果を用いた可変焦点レンズなどにおいては、駆動用に高電圧が必要になる場合がある。その場合には、昇圧用のトランス、あるいは圧電トランス等を用いて制御系を構成するとよい。特に積層型圧電トランスを用いると小型にできてよい。

【0102】図40は本発明のカメラに適用可能な光学特性可変光学素子の他の実施例であって圧電材料200を用いた可変焦点レンズ201の概略構成図である。圧電材料200には透明物質143と同様の材料が用いられており、圧電材料200は、透明で柔らかい基板202の上に設けられている。なお、基板202には、合成樹脂、有機材料を用いるのが望ましい。本実施例においては、2つの透明電極59を介して電圧を圧電材料200に加えることで圧電材料200は変形し、図40において凸レンズとしての作用を持っている。

【0103】なお、基板202の形をあらかじめ凸状に形成しておき、かつ、2つの透明電極59のうち、少なくとも一方の電極の大きさを基板202と異ならせておく、例えば、一方の透明電極59を基板202よりも小さくしておくと、電圧を切ったときに、図41に示すよ

うに、2つの透明電極59が対向する所定部分だけが凹状に変形して凹レンズの作用を持つようになり、可変焦点レンズとして動作する。このとき基板202は、流体161の体積が変化しないように変形するので、液溜168が不要になるというメリットがある。

【0104】本実施例では、流体161を保持する基板の一部分を圧電材料で変形させて、液溜168を不要としたところに大きなメリットがある。なお、図39の実施例にも言えることであるが、透明基板163、165はレンズとして構成しても、或いは平面で構成してもよい。

【0105】図42は本発明のカメラに適用可能な光学特性可変光学素子のさらに他の実施例であって圧電材料からなる2枚の薄板200A、200Bを用いた可変焦点レンズの概略構成図である。本実施例の可変焦点レンズは、薄板200Aと200Bの材料の方向性を反転させることで、変形量を大きくし、大きな可変焦点範囲が得られるというメリットがある。なお、図42中、204はレンズ形状の透明基板である。本実施例においても、紙面の右側の透明電極59は基板202よりも小さく形成されている。

【0106】なお、図40～図42の実施例において、基板202、薄板200、200A、200Bの厚さを不均一にして、電圧を掛けたときの変形のさせかたをコントロールしてもよい。そのようにすれば、レンズの収差補正等もすることができ、便利である。

【0107】図43は本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズのさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変焦点レンズ207は、例えばシリコンゴムやアクリルエラストマー等の電歪材料206を用いて構成されている。本実施例の構成によれば、電圧が低いときには、図43に示すように、凸レンズとして作用し、電圧を上げると、図44に示すように、電歪材料206が上下方向に伸びて左右方向に縮むので、焦点距離が伸びる。従って、可変焦点レンズとして動作する。本実施例の可変焦点レンズによれば、大電源を必要としないので消費電力が小さくて済むというメリットがある。

【0108】図45は本発明のカメラに適用可能な光学特性可変光学素子のさらに他の実施例であってフォトニカル効果を用いた可変焦点レンズの概略構成図である。本実施例の可変焦点レンズ214は、透明弾性体208、209でアゾベンゼン210が挟まれており、アゾベンゼン210には、透明なスペーサー211を経由して紫外光が照射されるようになっている。図45中、212、213はそれぞれ中心波長が $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の例えば紫外LED、紫外半導体レーザー等の紫外光源である。

【0109】本実施例において、中心波長が $\lambda_1$ の紫外光が図46(a)に示すトランス型のアゾベンゼンに照射されると、アゾベンゼン210は、図46(b)に示すシ

ス型に変化して体積が減少する。このため、可変焦点レンズ214の形状はうすくなり、凸レンズ作用が減少する。一方、中心波長が $\lambda_2$ の紫外光がシス型のアゾベンゼン210に照射されると、アゾベンゼン210はシス型からトランス型に変化して、体積が増加する。このため、可変焦点レンズ214の形状は厚くなり、凸レンズ作用が増加する。このようにして、本実施例の光学素子214は可変焦点レンズとして作用する。また、可変焦点レンズ214では、透明弾性体208、209の空気との境界面で紫外光が全反射するので外部に光がもれず、効率が良い。

【0110】以上述べた各実施例の可変焦点レンズにおいては、透明電極145、59、508a、509a、513a、513b等は複数に分割されていてもよい。そして、分割された透明電極のそれぞれに異なる電圧を加えることによって、光学装置のピント合わせ、ズーム、変倍のみならず、振れ補正、製造誤差による光学性能の低下の補償、収差の補正等が可能になる。

【0111】次に、本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズに用いる透明電極の分割例を図47～50を用いて説明する。図47の例は、透明電極600を同心状に分割した例を示している。周辺部にいくほど輪帯の幅が狭くなっている。これは収差を補正しやすくするためである。

【0112】図48の例は、輪帯をさらに分割したもので、電極の境界線が3つずつ一点に集まるように分けてある部分を含んでいる。このようにすると、圧電材料200の形状が滑らかに変化するので収差の少ないレンズが得られる。

【0113】図49の例は、透明電極600を六角形に分割したもので、上記と同様の理由により電極の境界線が3つずつ一点で集まるように分けてある部分を含んでいる。

【0114】なお、図48、49の例においてそれぞれ分割された一つ一つの電極600A、600B、600C……は、ほぼ同じ面積にした方が収差補正上有利である。このため、分割された電極のうち最も面積の大きい電極と最も面積の小さい電極との面積比は100:1以内に抑えるのがよい。また、電極分割の配列は、図47、48、49の例のように、対称の中心の電極600Aを包むようにすると円形レンズの場合、特に収差補正上有利となる。また、一点に集まる透明電極の境界線が相互になす角が90°よりも大きくなるようにしてもよい。また、図50の例に示すように、電極の分割は格子状にしてもよい。このような分割形態にすれば、簡単に製作できるというメリットがある。

【0115】また、光学系の収差或いは振れを十分に補正するには、透明分割電極600の個数は多い方が良く、2次収差を補正するためには最低7個の分割電極、3次収差を補正するためには最低9個の分割電極、4次

収差を補正するためには最低13個の分割電極、5次収差を補正するためには最低16個の分割電極、7次収差を補正するためには最低25個の分割電極が必要となる。なお、2次収差とは、ティルト、非点収差、コマ収差のx方向、y方向の2方向の成分である。ただし、低コストの商品では最低でも3つの分割電極があれば、大きな収差又は大きな振れは補正できる。

【0116】最後に、本発明で用いる用語の定義を述べておく。

【0117】光学装置とは、光学系あるいは光学素子を含む装置のことである。光学装置単体で機能しなくてもよい。つまり、装置の一部でもよい。

【0118】光学装置には、撮像装置、観察装置、表示装置、照明装置、信号処理装置等が含まれる。

【0119】撮像装置の例としては、フィルムカメラ、デジタルカメラ、ロボットの眼、レンズ交換式デジタル一眼レフカメラ、テレビカメラ、動画記録装置、電子動画記録装置、カムコーダ、VTRカメラ、電子内視鏡等がある。デジカメ、カード型デジカメ、テレビカメラ、VTRカメラ、動画記録カメラなどはいずれも電子撮像装置の一例である。

【0120】観察装置の例としては、顕微鏡、望遠鏡、眼鏡、双眼鏡、ルーペ、ファイバースコープ、ファインダー、ビューファインダー等がある。

【0121】表示装置の例としては、液晶ディスプレイ、ビューファインダー、ゲームマシン（ソニー社製プレイステーション）、ビデオプロジェクター、液晶プロジェクター、頭部装着型画像表示装置（head mounted display: HMD）、PDA（携帯情報端末）、携帯電話等がある。

【0122】照明装置の例としては、カメラのストロボ、自動車のヘッドライト、内視鏡光源、顕微鏡光源等がある。

【0123】信号処理装置の例としては、携帯電話、パソコン、ゲームマシン、光ディスクの読取・書込装置、光計算機の演算装置等がある。

【0124】撮像素子は、例えばCCD、撮像管、固体撮像素子、写真フィルム等を指す。また、平行平板はプリズムの1つに含まれるものとする。観察者の変化には、視度の変化を含むものとする。被写体の変化には、被写体となる物体距離の変化、物体の移動、物体の動き、振動、物体のふれ等を含むものとする。

【0125】拡張曲面の定義は以下の通りである。球面、平面、回転対称非球面のほか、光軸に対して偏心した球面、平面、回転対称非球面、あるいは対称面を有する非球面、対称面を1つだけ有する非球面、対称面のない非球面、自由曲面、微分不可能な点、線を有する面等、いかなる形をしていても良い。反射面でも、屈折面でも、光になんらかの影響を与える面ならば良い。本発明では、これらを総称して拡張曲面と呼ぶことにす

る。

【0126】光学特性可変光学素子とは、可変焦点レンズ、可変形状鏡、面形状の変わる偏光プリズム、頂角可変プリズム、光偏向作用の変わる可変回折光学素子、つまり可変HOE、可変DOE等を含む。

【0127】可変焦点レンズには、焦点距離が変化せず、収差量が増えるような可変レンズも含むものとする。可変形状鏡についても同様である。要するに、光学素子で、光の反射、屈折、回折等の光偏向作用が変化するものを光学特性可変光学素子と呼ぶ。

【0128】情報発信装置とは、携帯電話、固定式の電話、ゲームマシン、テレビ、ラジカセ、ステレオ等のリモコンや、パソコン、パソコンのキーボード、マウス、タッチパネル等の何らかの情報を入力し、送信することができる装置を指す。撮像装置のついたテレビモニター、パソコンのモニター、ディスプレイも含むものとする。情報発信装置は、信号処理装置の中に含まれる。

【0129】以上説明したように、本発明の可変形状鏡を用いたカメラは、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次に示すような特徴も備えている。

【0130】（1）撮影レンズを通して結像された画像から画像信号を得る撮像手段と、撮影条件に基づいた露光動作により前記撮像手段の駆動制御を含む制御を行う露光制御手段と、静電引力により変形する反射面と、該反射面の形状を制御する電極とを有してなる可変形状鏡と、前記可変形状鏡を駆動するための電源を供給する電源供給手段と、前記可変形状鏡を駆動する駆動手段と、前記撮影レンズを駆動する手段と、を有し、前記撮影レンズが駆動されているか、または前記露光制御手段による露光制御が行われているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないようにしたことを特徴とする可変形状鏡を用いたカメラ。

【0131】（2）撮影レンズを通して結像された画像から画像信号を得る撮像手段と、撮影条件に基づいた露光動作により前記撮像手段の駆動制御を含む制御を行う露光制御手段と、電磁気力により変形する反射面と、該反射面の形状を制御する電極とを有してなる可変形状鏡と、前記可変形状鏡を駆動するための電源を供給する電源供給手段と、前記可変形状鏡を駆動する駆動手段と、前記撮影レンズを駆動する手段と、を有し、前記撮影レンズが駆動されているか、または前記露光制御手段による露光制御が行われているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないようにしたことを特徴とする可変形状鏡を用いたカメラ。

【0132】（3）撮影レンズを通して結像された画像から画像信号を得る撮像手段と、撮影条件に基づいた露光動作により前記撮像手段の駆動制御を含む制御を行う露光制御手段と、圧電効果により変形する反射面と、該反射面の形状を制御する電極とを有してなる可変形状鏡と、前記可変形状鏡を駆動するための電源を供給する電



源供給手段と、前記可変形状鏡を駆動する駆動手段と、前記撮影レンズを駆動する手段と、を有し、前記撮影レンズが駆動されているか、または前記露光制御手段による露光制御が行われているときには、前記駆動手段による前記可変形状鏡の駆動を行わないようにしたことを特徴とする可変形状鏡を用いたカメラ。

【0133】(4) 前記可変形状鏡を、被写体の距離を測定する測距部の測距用の光を投光する光路中に設けたことを特徴とする請求項1~4、上記(1)~(3)のいずれかに記載の可変形状鏡を用いたカメラ。

【0134】(5) 前記可変形状鏡を、撮影レンズとともに構成された撮影レンズ系に設けたことを特徴とする請求項1~4、上記(1)~(3)のいずれかに記載の可変形状鏡を用いたカメラ。

【0135】(6) 被写体の距離を測定する測距部による測距処理中においても、前記電源供給手段による電源供給または前記駆動手段による駆動を行わないようにされたことを特徴とする上記(5)に記載の可変形状鏡を用いたカメラ。

【0136】

【発明の効果】本発明によれば、レンズ駆動中及び露光動作中に、可変形状鏡の駆動を行わないため、電源系へ負担がかからない。また、ストロボ充電中に、可変形状鏡の駆動を行わないため、ストロボ使用するときでも電源系へ負担がかからない。さらに、撮像データ記録中に、可変形状鏡の駆動を行わないため、データ記録動作に悪影響を与えることがない。さらにまた、撮影モード以外の処理において、可変形状鏡の駆動を行わないため、その省分電動作をすることができる。従って、本発明によれば、可変形状鏡をカメラに適用した場合でも電源系への負担を軽減させて動作を安定化させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態にかかる可変形状鏡を用いたカメラのシステム概略構成図である。

【図2】本実施形態のカメラに用いる可変形状鏡を構成する電極の配置関係及び電圧制御を行なう電源回路部のブロック図である。

【図3】本実施形態のカメラに用いる可変形状鏡の複数に分割された電極を駆動するときのタイミングチャートである。

【図4】本実施形態のカメラに用いる可変形状鏡の電極部を示す説明図であり、(a)~(e)は、図2に示す上部電極201の変形状態を示す側面図、(f)及び(g)は図2に示す下部電極202の配置構成を示す平面図である。

【図5】本実施形態のカメラにおいて、可変形状鏡を測距部に用いた例を示す説明図である。

【図6】本実施形態の可変形状鏡を用いたカメラにおける撮影時の駆動制御を示すフローチャートである。

【図7】本実施形態の可変形状鏡を用いたカメラにお

る測距処理のフローチャートである。

【図8】本実施形態のカメラにおいて、可変形状鏡を撮像部に用いた一例を示す概略構成図である。

【図9】本実施形態のカメラにおいて、可変形状鏡を撮像部に用いた他の例を示す概略構成図である。

【図10】本発明のカメラの他の実施例にかかる、光学特性ミラーを用いたデジタルカメラのケブラー式ファインダーの概略構成図である。

【図11】本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡409の他の実施例を示す概略構成図である。

【図12】図11の実施例の可変形状鏡に用いる電極の一形態を示す説明図である。

【図13】図11の実施例の可変形状鏡に用いる電極の他の形態を示す説明図である。

【図14】本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図15】本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図16】本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図17】図16の実施例における薄膜コイル427の巻密度の状態を示す説明図である。

【図18】本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図19】図18の実施例におけるコイル427の一配置例を示す説明図である。

【図20】図18の実施例におけるコイル427の他の配置例を示す説明図である。

【図21】図16に示した実施例において、コイル427の配置を図20に示したようにした場合に適する永久磁石426の配置を示す説明図である。

【図22】本発明のさらに他の実施例に係る、カメラに適用可能な可変形状鏡409を用いた撮像系、例えば携帯電話のデジタルカメラ、カプセル内視鏡、電子内視鏡、パソコン用デジタルカメラ、PDA用デジタルカメラ等に用いられる撮像系の概略構成図である。

【図23】本発明のカメラに適用可能な可変形状鏡のさらに他の実施例に係る、マイクロポンプ180で流体161を出し入れし、レンズ面を変形させる可変形状鏡188の概略構成図である。

【図24】本発明のカメラに適用可能なマイクロポンプの一実施例を示す概略構成図である。

【図25】本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズの原理的構成を示す図である。

【図26】一軸性のネマティック液晶分子の屈折率楕円体を示す図である。

【図27】図25に示す高分子分散液晶層に電界を印加状態を示す図である。

【図28】図25に示す高分子分散液晶層への印加電圧を可変にする場合の一例の構成を示す図である。

【図29】本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズを用いるデジタルカメラ用の撮像光学系の一例の構成を示す図である。

【図30】本発明のカメラに適用可能な可変焦点回折光学素子の一例の構成を示す図である。

【図31】ツイストネマティック液晶を用いる可変焦点レンズを有する可変焦点眼鏡の構成を示す図である。

【図32】図31に示すツイストネマティック液晶層への印加電圧を高くしたときの液晶分子の配向状態を示す図である。

【図33】本発明のカメラに適用可能な可変偏角プリズムの二つの例の構成を示す図である。

【図34】図33に示す可変偏角プリズムの使用態様を説明するための図である。

【図35】本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズとしての可変焦点ミラーの一例の構成を示す図である。

【図36】本発明のカメラに適用可能なさらに他の実施例に係る、可変焦点レンズ140を用いた撮像ユニット141の概略構成図である。

【図37】図36の実施例における可変焦点レンズの変形例を示す説明図である。

【図38】図35の可変焦点レンズが変形した状態を示す説明図である。

【図39】本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズのさらに他の実施例に係る、マイクロポンプ160で流体161を出し入れし、レンズ面を変形させる可変焦点レンズ162の概略構成図である。

【図40】本発明のカメラに適用可能な光学特性可変光学素子の他の実施例であって圧電材料200を用いた可変焦点レンズ201の概略構成図である。

【図41】図40の変形例に係る可変焦点レンズの状態説明図である。

【図42】本発明のカメラに適用可能な光学特性可変光学素子のさらに他の実施例であって圧電材料からなる2枚の薄板200A、200Bを用いた可変焦点レンズの概略構成図である。

【図43】本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズのさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図44】図43の実施例に係る可変焦点レンズの状態説明図である。

【図45】本発明のカメラに適用可能な光学特性可変光学素子のさらに他の実施例であってフォトリソ効果を用いた可変焦点レンズの概略構成図である。

【図46】図45の実施例に係る可変焦点レンズに用いるアゾベンゼンの構造を示す説明図であり、(a)はトランス型、(b)はシス型を示している。

【図47】本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズに用いる透明電極の一分割例を示す説明図である。

【図48】本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズに用いる透明電極の他の分割例を示す説明図である。

【図49】本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズに用いる透明電極のさらに他の分割例を示す説明図である。

【図50】本発明のカメラに適用可能な可変焦点レンズに用いる透明電極のさらに他の分割例を示す説明図である。

# 【符号の説明】

1	撮像レンズ系
2	レンズ駆動部
3	撮像素子
4	撮像回路
5	測光回路
6	A/D変換器
7	バッファメモリ
8	ストロボ発光回路
9	モードLCD
10	操作スイッチ
11, 42, 188	可変形状鏡
12	可変形状鏡の駆動電源部(電源回路)
13	システムコントローラ
14	EEPROM
15	データ圧縮/伸張回路
16	1/F
17	外部1/F
18	ビデオメモリ
19	RISC型マイクロチップ
20	DSP(デジタル・シグナル・プロセッサ)
21	上部電極
22	下部電極
23	反射面
24	電圧制御回路部
25	電圧制御トランジスタ
26	制御回路
27	タイミング発生回路
28	スイッチング用トランジスタ
31	赤外発光ダイオード
32	反射鏡
33	投光レンズ
34	投光用窓
35	受光窓
36	受光レンズ
37	受光器
41, 51, 102, 512a, 512b, 522, 537, 538	レンズ
43, 53	レンズ群
44, 54	赤外カットフィルター
45, 55	ローパスフィルター
46, 408, 523, 529	固体撮像素子
52	傾き可変な可変形状鏡

59, 145, 513a, 513b, 600

透明電極

103 制御系

103' 回路

104, 141 撮像ユニット

140, 162, 201, 207, 214, 511, 5

27可変焦点レンズ

142 透明部材

143 圧電性のある透明物質

144 流体あるいはゼリー状物質

146 シリンダー

147 支援部材

148 変形可能な部材

160, 180 マイクロポンプ

161 流体

163, 165, 204, 532, 533, 562, 5

63, 566, 567透明基板

164 弾性体

168 液溜

181 振動板

182, 183, 409b, 409d

184, 185 弁

189 反射膜

200 圧電材料

200A, 200B 薄板

202 透明で柔らかい基板

206, 409c-2 電歪材料

208, 209 透明弾性体

210 アゾベンゼン

211 スペーサー

212, 213 紫外光源

403 撮像レンズ

404 プリズム

405 二等辺直角プリズム

406 ミラー

409 光学特性可変形状鏡

409a 薄膜

409c, 409c' 圧電素子

409c-1, 409e 基板

411 可変抵抗器

412 電源

\*413 電源スイッチ

414 演算装置

415 温度センサー

416 湿度センサー

417 距離センサー

423 支持台

424 振れセンサー

425, 428 駆動回路

426 永久磁石

10 427 コイル

508a, 532a, 562a, 566a

1の面

508b, 532b, 562b, 566b

2の面

509a, 533a, 563a, 567a

3の面

509b, 533b, 563b, 567b

4の面

514 高分子分散液晶層

20 515 スイッチ

516 交流電源

517 液晶分子

518 高分子セル

519 可変抵抗器

521, 526 絞り

525 前方レンズ

528 後方レンズ

531 可変焦点回折光学素子

535 可変焦点眼鏡

30 535a フレーム

536 可変焦点回折光学素子

539a, 539b 配向膜

545 物体

546 測距センサ

561 可変偏角プリズム

565 可変焦点ミラー

568 反射膜

600A, 600B, 600C

分割された一

つつの電極

40 901 接眼レンズ

\* 902 対物レンズ

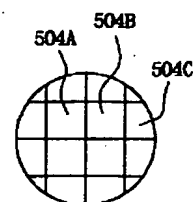
【図12】



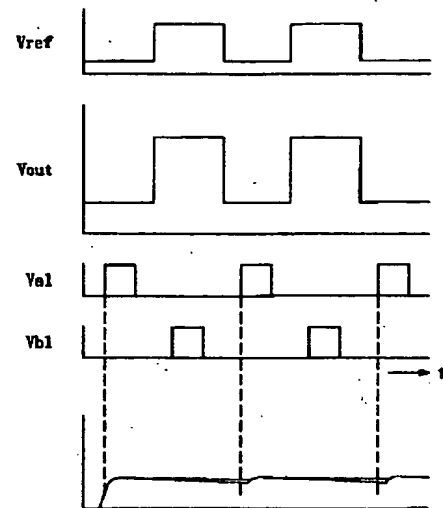
【図13】



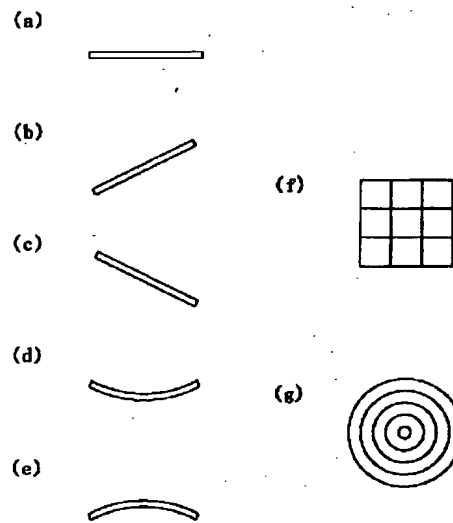
【図50】



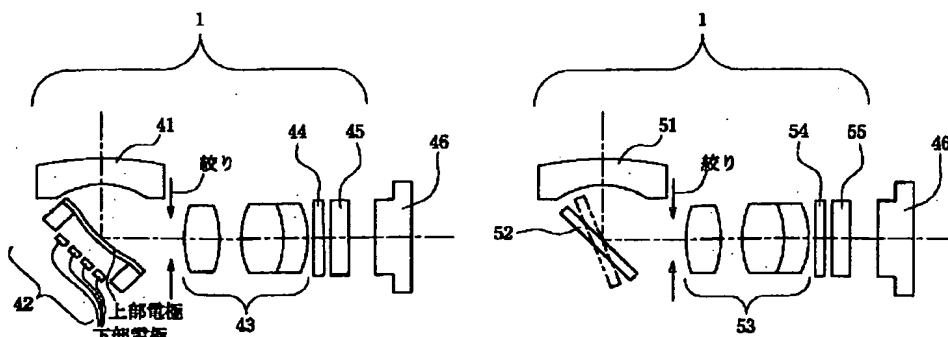
【圖3】



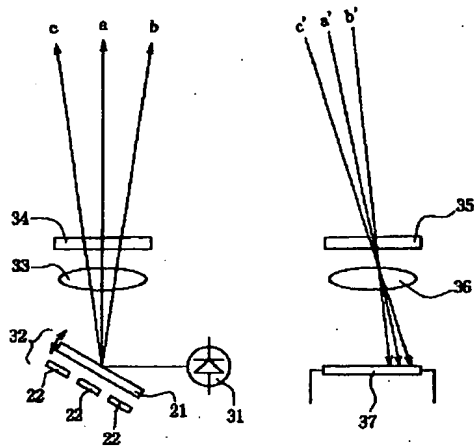
【図 4】



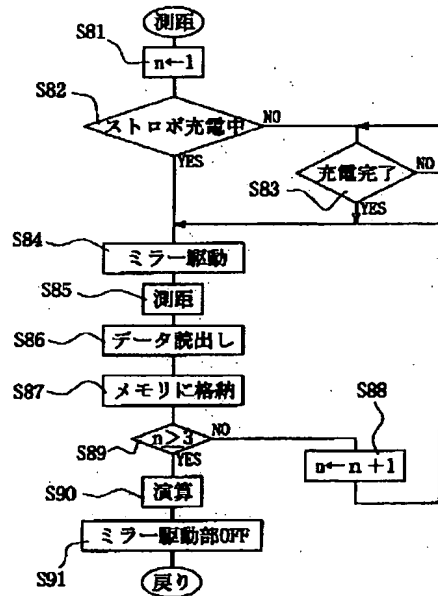
【図9】



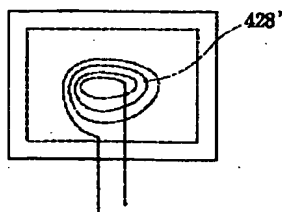
【図5】



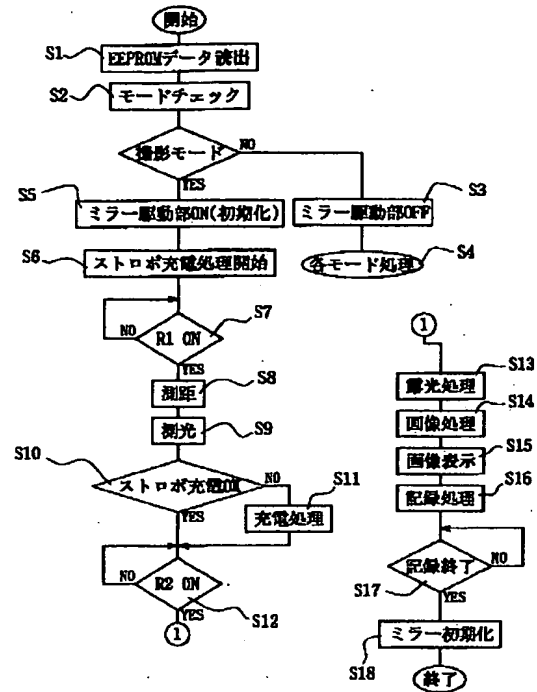
【図7】



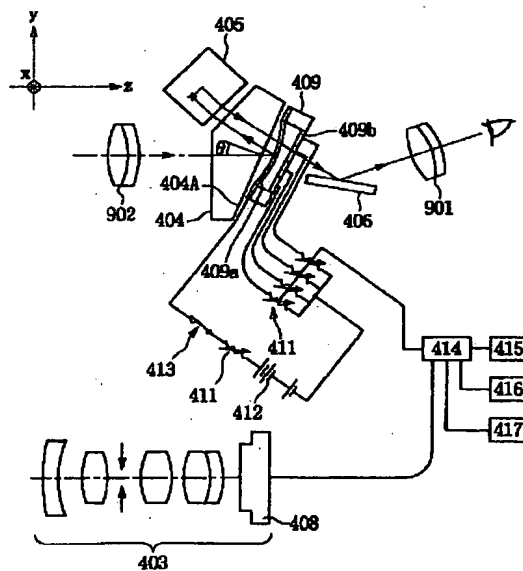
【図17】



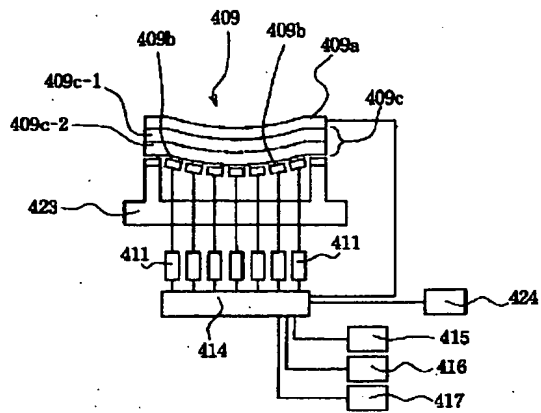
【図6】



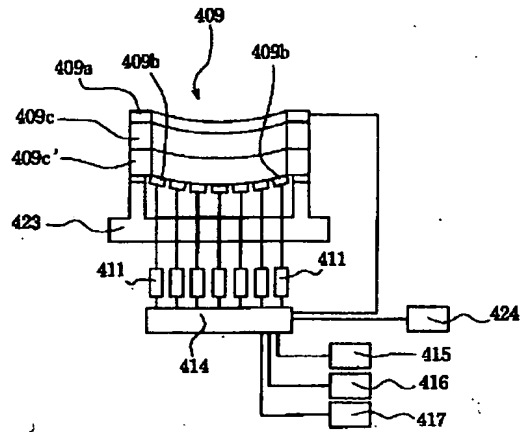
【図10】



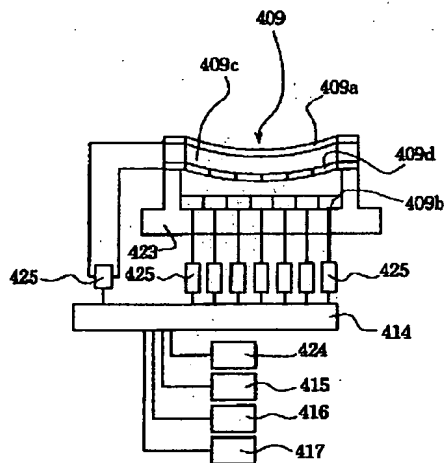
【図11】



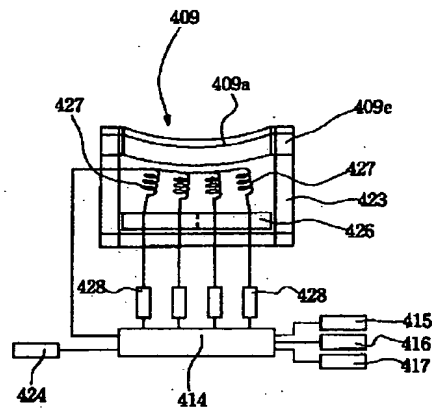
【図14】



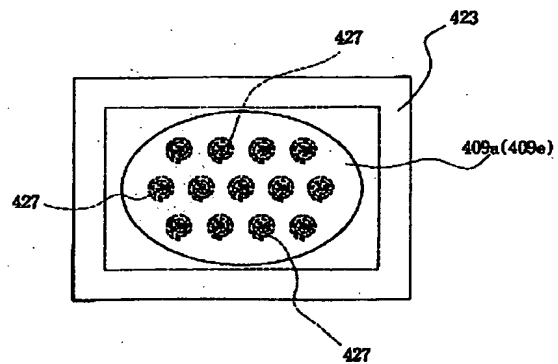
【図15】



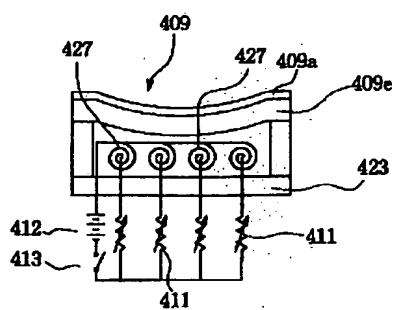
【図16】



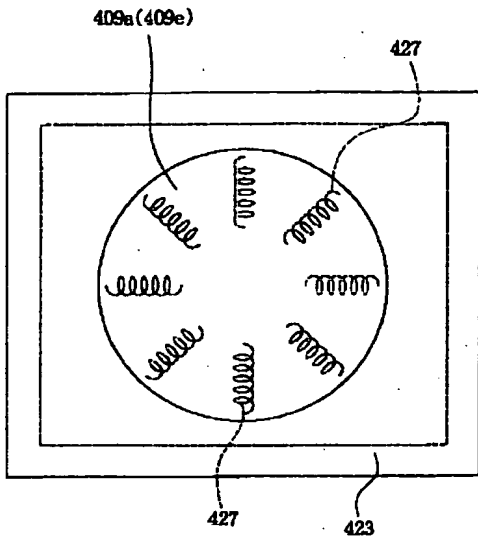
【図19】



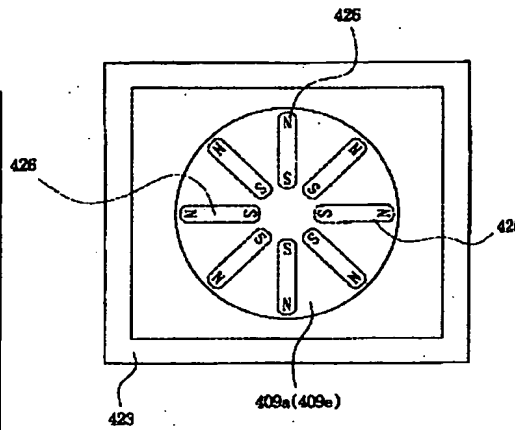
【図18】



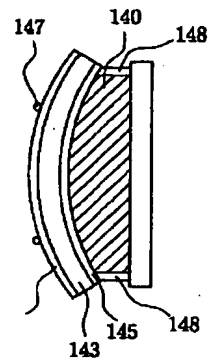
【図20】



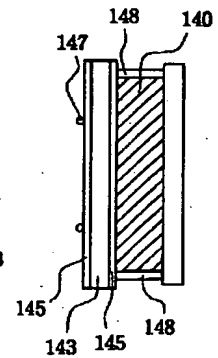
【図21】



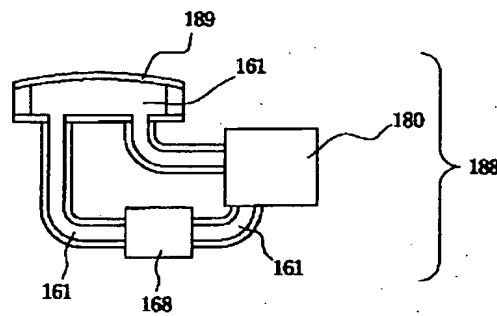
【図37】



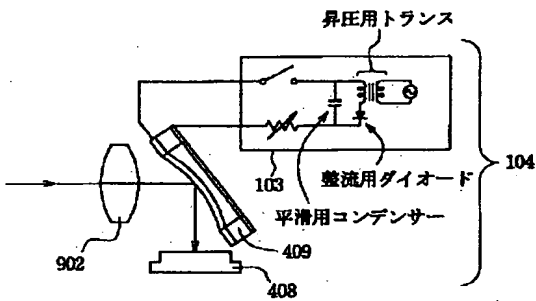
【図38】



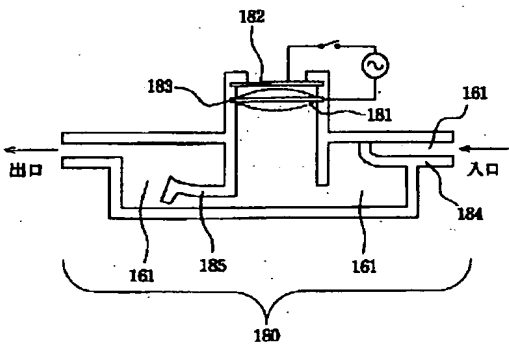
【図23】



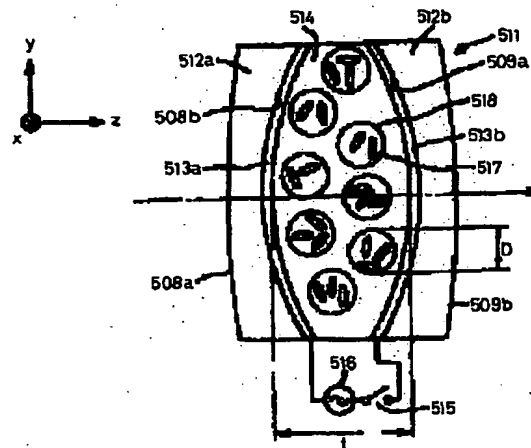
【図22】



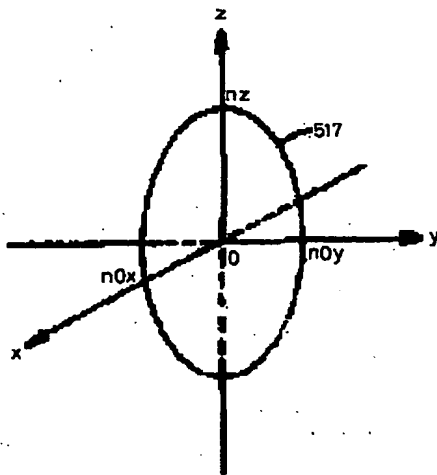
【図24】



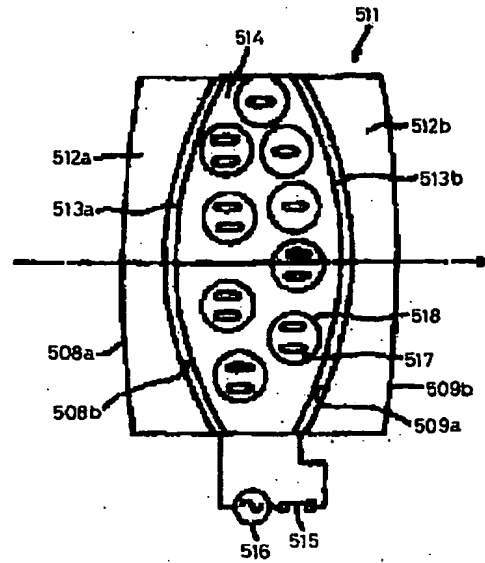
【図25】



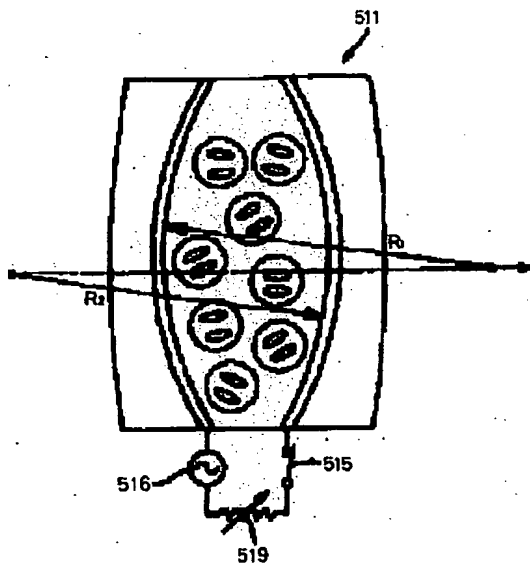
【図26】



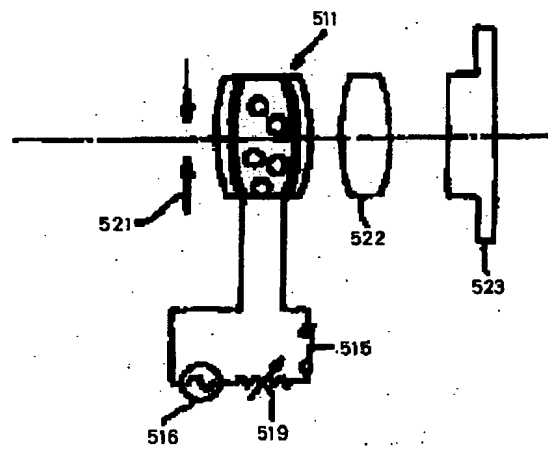
【図27】



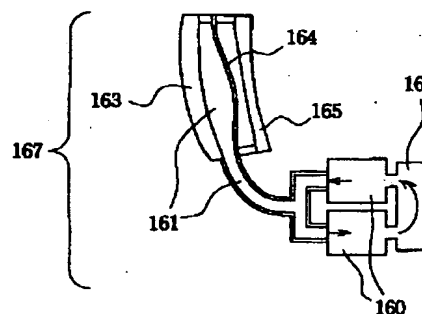
【図28】



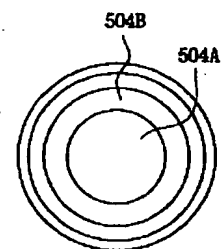
【図29】



【図39】

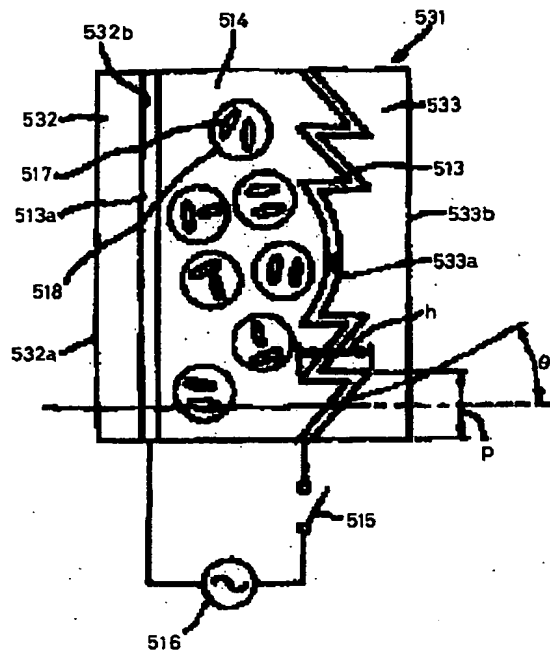


【図47】

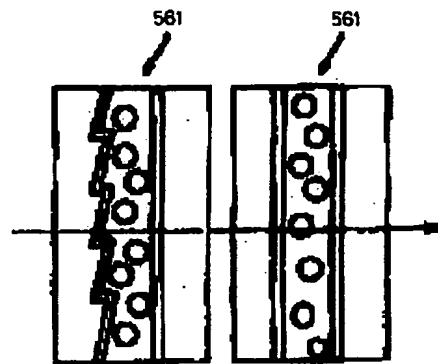




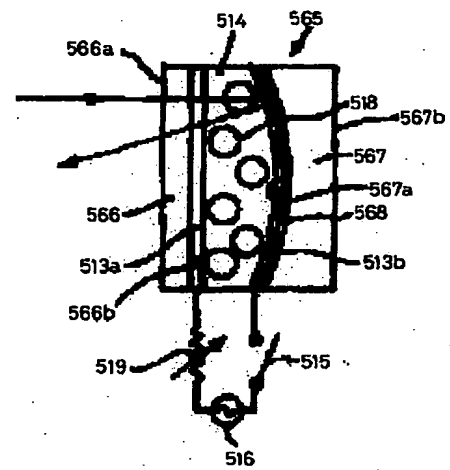
【図30】



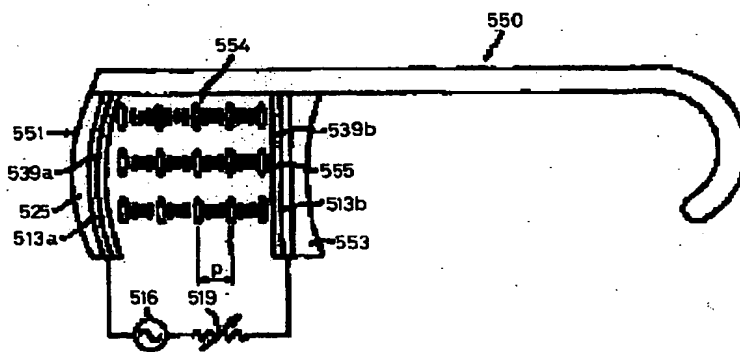
【図34】



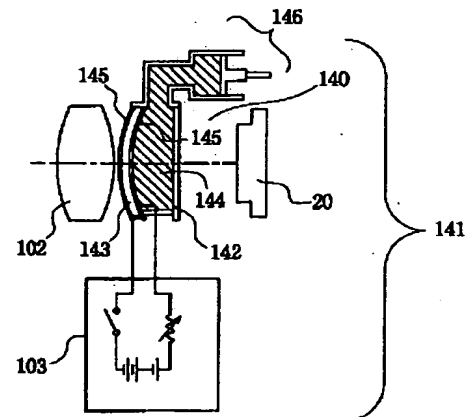
【図35】



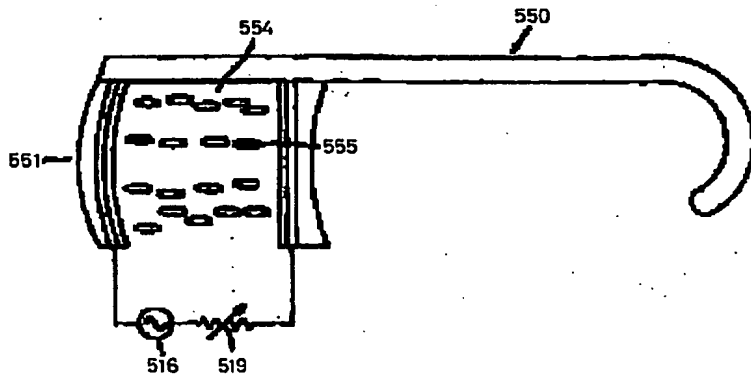
【図31】



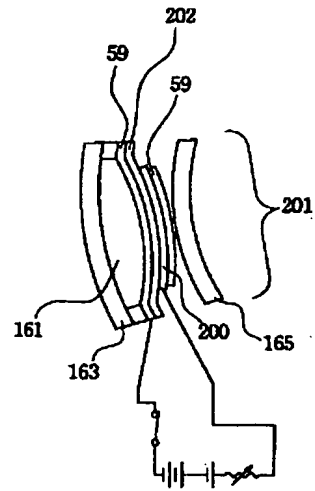
【図36】



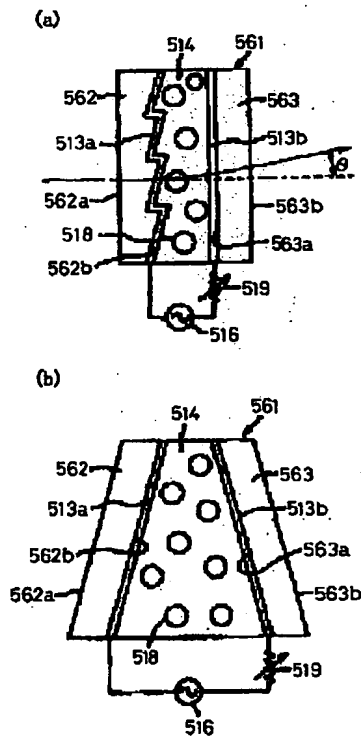
【図32】



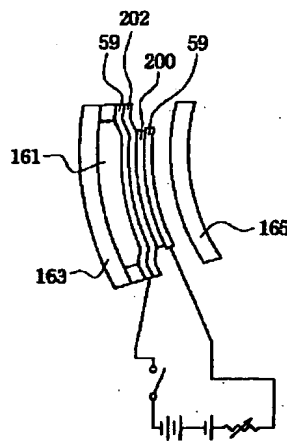
【図40】



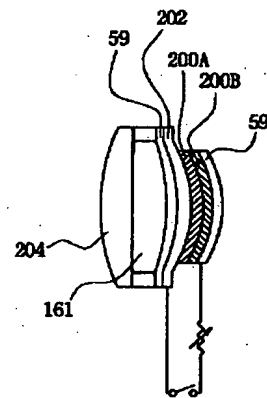
【図33】



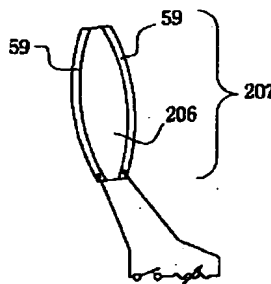
【図41】



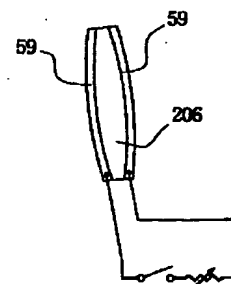
【図42】



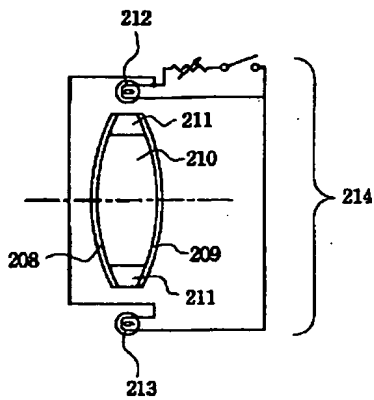
【図43】



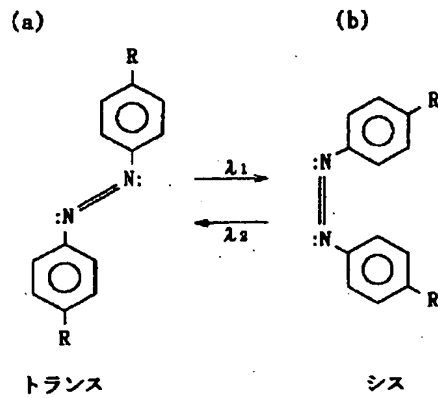
【図44】



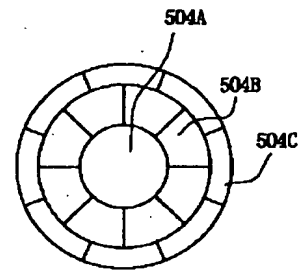
【図45】



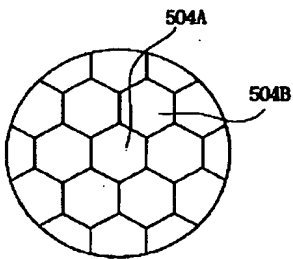
【図46】



【図48】



【図49】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H04N 5/225

識別記号

F I

H04N 5/225

テーマコード (参考)

D

Fターム (参考) 2H041 AA11 AB14 AC02 AC06 AC07

AC08 AZ01 AZ05 AZ08

2H042 DB08 DD04 DD13 DE09

2H100 CC00 DD15 FF01

2H101 DD16 DD21 DD23 DD24 FF00

5C022 AB15 AB27 AB40 AB67 AC42

AC51 AC54 AC55